

Estudo da relação entre a noção do corpo, competências visuoespaciais, estruturação temporal, funções executivas e processamento simultâneo e sequencial e as competências matemáticas

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Reabilitação Psicomotora

Orientador: Professor Doutor Rui Fernando Roque Martins

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Vítor Manuel Lourenço da Cruz

Vogal:

Professor Doutor António José Mendes Rodrigues

Mariana Costa Henriques Patrício

2019

**Estudo da relação entre a noção do corpo, competências
visuoespaciais, estruturação temporal, funções
executivas e processamento simultâneo e sequencial e
as competências matemáticas**

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Reabilitação Psicomotora

Orientador: Professor Doutor Rui Fernando Roque Martins

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Vítor Manuel Lourenço da Cruz

Vogal:

Professor Doutor António José Mendes Rodrigues

Mariana Costa Henriques Patrício

2019

Agradecimentos

Às *minhas* crianças, por me lembrarem todos os dias que a psicomotricidade é o meu mundo. Tudo é por elas e para elas.

À minha mãe, avó, pai e companheiro de vida porque todos os dias me convencem que sou capaz de tudo, sempre.

À Inês pelo exemplo, amizade incansável e apoio incondicional em todos os meus desafios pessoais e profissionais.

Ao Professor Rui Martins por ter partilhado comigo um pouco do seu mundo de conhecimentos e pela motivação, inspiração, aprendizagem e constante lembrança de que este projeto é muito mais do que uma dissertação.

Aos demais que contribuíram de forma direta ou indireta para este projeto.

Índice

Agradecimentos	i
Índice.....	ii
Enquadramento	4
Artigo 1: A relação de alguns requisitos psicomotores e cognitivos com as competências matemáticas	7
Resumo	7
Abstract	8
Introdução.....	9
Modelo teórico	12
Competências matemáticas.....	13
Noção do corpo	16
Competências visuoespaciais.....	19
Estruturação temporal.....	23
Funções executivas	26
Processamento simultâneo e sequencial.....	28
Conclusão.....	30
Referencias	33
Artigo 2: A relação de alguns requisitos psicomotores e cognitivos com a competências matemáticas: um estudo correlacional.	42
Resumo	42
Abstract	43
Introdução.....	44
Objetivo, problema e hipóteses do estudo	52
Hipóteses	52
Variáveis	53
Modelo teórico	54
Método	56

Procedimento	56
Participantes	56
Análise estatística	57
Instrumentos de avaliação	57
Prova de estruturação rítmica de Mira Stamback, Mira Stamback (1951)	57
Bateria psicomotora: Sentido cinestésico, Vitor da Fonseca (1975)	57
Avaliação da motricidade gnóstico-prática distal, Jean Bergès e Irène Lezine (1963) ..	58
Teste desenvolvimental de percepção visual (Developmental Test of Visual Perception - DVTP), Frostig (1966)	58
Teste de competências matemáticas precoces (Test of Early Mathematics Abilities - TEMA), Ginsburg e Baroody (1983)	59
Kaufman ABC II (KABC).....	60
Apresentação e discussão de resultados.....	61
Conclusão.....	66
Recomendações	67
Limitações do estudo	67
Referências	68

Enquadramento

O presente trabalho surge no âmbito da dissertação do Mestrado em Reabilitação Psicomotora da Faculdade de Motricidade Humana, Universidade de Lisboa e tem como objetivo verificar a influência de alguns fatores psicomotores – noção do corpo (NC), competências visuoespaciais (CVE) e estruturação temporal (ET), assim como de requisitos cognitivos – funções executivas (FE) e processamento simultâneo (PSI) e sequencial (PSE) na aquisição das competências matemáticas (CM).

No paradigma atual, a aquisição de CM influi em inúmeros aspetos do desenvolvimento e inclusão do indivíduo, tornando-se marcante na promoção da qualidade de vida e bem-estar (Geary, 2013; Bynner, 2012; Schwenk et al., 2017; Ritchie e Bates, 2017). No entanto, em Portugal cerca de 1/3 das crianças que frequentam o 1º ciclo de escolaridade obtém resultados negativos nos exames nacionais de matemática (Direção Geral da Educação, 2017) sendo estas dificuldades transmitidas para a vida adulta (Cragg e Gilmore, 2016), com quase metade dos alunos portugueses entre os 17 e os 18 anos de idade a obter uma nota negativa no mesmo exame (PORDATA, 2017).

Encontra-se comprovado por muitos autores que as CM estão correlacionadas com o sucesso escolar (e.g. Schwenk et al., 2017; Ritchie e Bates, 2017; Harris e Petersen, 2017; Kim e Cameron, 2016) e profissional (e.g. Ritchie e Bates, 2017; Geary, 2013; Bynner, 2012), pelo que delas dependem componentes como a motivação académica e o tempo de permanência na escola (Richie e Bates, 2017). De facto, o estudo de Richie e Bates (2017) demonstrou que as CM aos 7 anos de idade se encontram correlacionadas com a posição socioeconómica aos 42 anos de idade. Neste sentido, torna-se importante traçar estratégias promotoras destas competências (Cragg e Gilmore, 2016), aumentando a proficiência matemática de forma precoce, não sobrecarregando, no entanto, as crianças com tarefas académicas.

Este trabalho lança um olhar desenvolvimentalista acerca da promoção das CM, encarando o corpo e a ação como origem do desenvolvimento do pensamento no ser humano (Harris e Petersen, 2017; Moeller, Martignon, Wessolowski, Engel, Nuerk, 2011; Moeller, Fischer, Link, Wasner, Huber, Cress e Nuerk, 2012). As CM baseiam-se em noções de quantidade, formas, contagem, noção numérica, relação espacial, medidas, padrões e comparações (Harris e Petersen, 2017) que são adquiridas através da experiência e exploração. O psicomotricista promove o processo de aprendizagem (Fonseca, 2014), maximizando o desenvolvimento do pensamento por meio da ação e do movimento (Fonseca, 2001). Posto isto, neste estudo pretendemos dissertar acerca e

avaliar os fatores que se relacionam com as CM, permitindo-nos assim inferir sobre a utilização da psicomotricidade como ferramenta válida e promotora destas aquisições.

O estudo, composto por dois artigos, coloca o seguinte problema: As CM estão correlacionadas com cada um dos componentes - NC, CVE, ET, FE, PSI e PSE? As correlações serão consideradas apenas entre as CM e o componente, independentemente da relação entre elementos. Para isto serão consideradas as seguintes hipóteses:

H₀1: A correlação entre as CM e a NC em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁1: existe correlação entre as CM e a NC em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀2: A correlação entre as CM e as CVE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁2: A correlação entre as CM e as CVE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀3: A correlação entre as CM e a ET em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁3: A correlação entre as CM e a ET em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀4: A correlação entre as CM e as FE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁4: A correlação entre as CM e as FE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀5: A correlação entre as CM e o PSE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁5: A correlação entre as CM e o PSE em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀6: A correlação entre as CM e o PSI em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁6: A correlação entre as CM e o PSI em alunos de ambos os géneros, com 7 anos de idade é significativamente diferente de 0,8.

Assim, o objetivo geral do estudo é relacionar as características psicomotoras e perceptivas (NC, CVE e ET) e as cognitivas e de processamento de informação (FE e PSE e simultâneo), com as CM (formais e informais) de crianças de ambos os géneros, de 7 e 8 anos de idade, para que estas possam ser correlacionadas.

O primeiro artigo de carácter teórico pretende enquadrar o leitor com a temática, sendo nele baseada toda a investigação e execuções práticas descritas no segundo artigo. Aqui, os conceitos são clarificados, o desenvolvimento das competências é esclarecido e é realizado o paralelismo com o desenvolvimento de CM. O segundo artigo descreve a investigação que analisa a correlação entre fatores influentes e CM, abordando o modelo teórico considerado, métodos e resultados. Conclui-se sobre o papel da psicomotricidade na promoção da qualidade de vida e bem-estar, através do desenvolvimento de CM. Para este efeito, foi realizado um estudo correlacional, baseado na avaliação da CM, NC, CVE, ET, FE, PSI e PSE. O estudo contou com a participação de 30 estudantes de ambos os géneros, com idades compreendidas entre os 7 e os 8 anos de idade – porque a primeira etapa escolar revela evoluções de grande importância, adquirindo-se aqui um leque alargado de habilidades psicomotoras que definem a maturação cognitiva e afetiva (Machacón, Beltrán, Claros, 2013) – sem dificuldades de aprendizagem (DA). Realizaram-se avaliações a todos os fatores (NC, CVE, ET, FE, PSE e PSI), e às CM, na sua vertente formal e informal. As avaliações foram consideradas apenas para fins correlacionais, não sendo utilizados testes standertizados ou validados para a população portuguesa. Os resultados foram posteriormente tratados e os dados correlacionados.

Artigo 1: A relação de alguns requisitos psicomotores e cognitivos com a competências matemáticas

Resumo

A matemática é uma competência complexa, cuja aprendizagem é suportada por pré-requisitos que permitirão a eficiente assimilação e acomodação de novos conteúdos. A noção do corpo, as competências visuoespaciais e a estruturação temporal são competências desenvolvidas através da ação e experiência no envolvimento que facilitam a assimilação de conteúdos complexos, inerente à aprendizagem da matemática formal e informal. As funções executivas monitorizam e manipulam a informação, suprimem estímulos distráteis e inibem respostas indesejáveis, permitindo a flexibilidade cognitiva indispensável à resolução de problemas. O processamento de informação, nas suas vertentes simultânea e sequencial, é a ferramenta que permite que a informação seja organizada, para que a possamos tratar e compreender. Neste artigo, estes conceitos são clarificados e as relações são estabelecidas com base em afirmações de teóricos. Segundo uma perspectiva holística e desenvolvimental, este é o preliminar de um estudo experimental correlacional, que investiga precisamente a influência destas variáveis na aprendizagem da matemática formal e informal. Para terminar, são expostas algumas considerações sobre a promoção destas competências, com base nas teorias anteriormente analisadas.

Palavras-chave: Matemática, Linguagem Quantitativa, Desenvolvimento Psicomotor, Competências Visuoespaciais, Noção De Corpo, Estruturação Temporal, Funções Executivas, Processamento Simultâneo, Processamento Sequencial.

Article 1: The relationship between some psychomotor and cognitive requirements and mathematics

Abstract

Mathematics is a complex competence whose learning is supported by prerequisites that will allow the efficient assimilation and accommodation of new contents. Body awareness, visuospatial competences and rhythmic structuring are competences that are developed through action and experience in the involvement that facilitate the assimilation of complex contents, inherent to the learning of formal and informal mathematics. Executive functions monitor and manipulate information, suppress undesirable stimuli and inhibit undesirable responses. This also allows for the cognitive flexibility required to solve problems, and the processing of information in its simultaneous and sequential strands is the tool that allows information to be organized, so that we can treat and understand it. In this article, these concepts are clarified and relations are established, based on theoretical statements. According to a holistic and developmental perspective, this is the preliminary of an experimental correlational study, which investigates precisely the influence of these variables in the learning of formal and informal mathematics. Finally, some considerations on the promotion of these competences are presented, based on the theories previously analyzed.

Keywords: Mathematics, Quantitative Language, Psychomotor Development, Visuospatial Competences, Body Awareness, Rhythmic Structuring, Executive Functions, Simultaneous Processing, Sequential Processing.

Introdução

Na sociedade atual o pleno desenvolvimento e integração do ser humano depende parcialmente da aquisição de competências matemáticas (CM), pelo que se consideram particularmente relevantes no que diz respeito à promoção da qualidade de vida e bem-estar (Geary, 2013; Bynner, 2012; Schwenk et al., 2017; Ritchie e Bates, 2017). Com 32% das crianças portuguesas do 1º ciclo com resultados negativos, quando aferidas a nível nacional na área da matemática (Direção Geral da Educação, 2017), o subdesenvolvimento destas competências torna-se um problema consistente da atualidade em Portugal. Estas dificuldades tendem a persistir na idade adulta (Cragg e Gilmore, 2016), com 44,4% dos alunos portugueses do 12º ano a obterem uma nota negativa, no exame nacional de matemática (PORDATA, 2017).

Um grande número de estudos têm vindo a comprovar a existência de uma correlação positiva entre as CM e o sucesso escolar noutras áreas (e.g. Schwenk et al., 2017; Ritchie e Bates, 2017; Harris e Petersen, 2017; Kim e Cameron, 2016) ou até mesmo o sucesso profissional na vida adulta (e.g. Ritchie e Bates, 2017; Geary, 2013; Bynner, 2012), pelo que a esta competência estão substancialmente associados o estatuto socioeconómico, a inteligência, a motivação académica e o tempo de permanência na escola (Ritchie e Bates, 2017). Podemos tomar como exemplo a investigação de Ritchie e Bates (2017), que considera avaliações provenientes de 18 558 indivíduos, dispersas em 8 fases (aos 7, 11, 16 e 42 anos de idade), concluindo que CM demonstradas aos 7 anos se encontram positivamente correlacionadas com o estatuto socioeconómico aos 42 anos de idade.

Dado que este tipo de proficiência é crucial para o sucesso profissional e que o seu subdesenvolvimento tem mais impacto na qualidade de vida do que, por exemplo, o subdesenvolvimento de competências linguísticas (Cragg e Gilmore, 2016), torna-se importante esclarecer sobre os fatores que se relacionam com a aprendizagem e desempenho matemáticos (Cragg e Gilmore, 2016) para que, neste caso, possamos inferir sobre a utilização da psicomotricidade como instrumento facilitador destas aquisições, em fases precoces da aprendizagem.

Com algumas exceções (e.g. Clements e Sarama, 2011; Gunderson, Ramirez, Beilock e Levine, 2012; Wai, Lubinski, e Benbow, 2009; Webb, Lubinski e Benbow, 2007) investigações anteriores têm-se focado unicamente no reconhecimento de preditores como a noção de número e de magnitude numérica, a cardinalidade e a contagem (Bull, Espy e Wiebe, 2013). Quando consideramos estes elementos como preditores do desenvolvimento de CM, estamos a considerar versões mais simples da competência mais

complexa a analisar (Harris e Petersen, 2017). Embora estas também sejam competências importantes, neste estudo pretendemos recuar à origem deste desenvolvimento cognitivo no ser humano - o corpo e a ação (Harris e Petersen, 2017; Moeller, Martignon, Wessolowski, Engel, Nuerk, 2011; Moeller, Fischer, Link, Wasner, Huber, Cress e Nuerk, 2012), sendo eles os instrumentos da experiência e exploração, que por sua vez são raiz das noções de quantidade, contagens, formas, relações espaciais, medidas, padrões e comparações (Harris e Petersen, 2017). Assim, colocamos a possibilidade da introdução de conceitos matemáticos de forma precoce (Geary, 1993, 2004, 2013; LeFevre et al., 2010).

A primeira etapa escolar representa evoluções de grande importância, já que neste período a criança adquire uma variedade de habilidades psicomotoras que irão definir a sua maturação cognitiva e afetiva (Machacón, Beltrán, Claros, 2013). Assim, o artigo apresenta um modelo teórico que pretende esclarecer a influência dos requisitos: noção do corpo (NC), competências visuoespaciais (CVE), estruturação temporal (ET), funções executivas (FE) e processamento simultâneo e sequencial (PSI e PSE) no desempenho matemático de crianças entre os 7 e os 8 anos de idade.

É através da ação no envolvimento que somos capazes de o organizar cognitivamente, pelo que o desenvolvimento de funções motoras, o movimento e a ação estão estritamente associados ao desenvolvimento cognitivo, sendo o domínio do corpo o primeiro elemento do domínio do comportamento (González, 2011). São as competências simbólicas e representativas e as conceptualizações desenvolvidas através da experiência e ação com o envolvimento que constituem o pré-requisito de conceitos básicos como o de quantidade, contagens, formas, relações espaciais, medidas, padrões e comparações (Harris e Petersen, 2017).

A capacidade de evitar ou manipular objetos em função de objetivos comportamentais requer uma representação neural íntegra do corpo e do espaço que o envolve (Cardinali, Brozzoli, Farnè, 2009) pelo que a disfunção ou dificuldade neste âmbito irá prejudicar a qualidade da experiência e ação sobre o envolvimento, assim como a assimilação de conteúdos que dela resultam. Consequentemente, a assimilação de conceitos matemáticos precoces e fundamentais será prejudicada. Assim, a noção do corpo (NC) faz parte do modelo teórico, como um dos fatores influentes nas CM.

Também as CVE são necessárias para a compreensão de conceitos matemáticos precoces e, posteriormente, desempenho eficiente em tarefas matemáticas, não só durante a recolha de informação, quando apresentada visualmente, como para a sua compreensão, esquematização e resolução mental do problema exposto (Barnes e Raghubar, 2014).

Quando as tarefas aritméticas ainda não estão automatizadas, é através de representações visuais que as crianças armazenam e recuperam a informação necessária para a sua resolução, nomeadamente através da criação de linhas numéricas ou recuperação de memórias (Bull, 2010; Barnes e Raghubar, 2014). Por outro lado, caso esta competência não tenha sido optimalmente desenvolvida, as experiências anteriores e respetiva representação e esquematização visual mental não serão funcionalmente assimiladas e a sua recuperação e aplicação em tarefas matemáticas será prejudicada (Gilligan, Flouri, Farran, 2017). Assim sendo, pretendemos também, através deste modelo teórico, verificar a existência de correlação entre o desempenho matemático e a CVE.

Durante a pesquisa bibliográfica acerca de fatores influentes nas CM, verificou-se a existência de fortes evidências de que o treino musical promove CM (e.g. Miendlarzewska e Trost, 2014; Bamberger e Disessa, 2013; Gomes e Manrique, 2015; Sanders, 2012; Mertoglu, 2010). Neste estudo colocamos esta hipótese de forma mais particular, abordando um dos pré-requisitos para a competência musical (Mertoglu, 2010): pretende-se verificar a existência de correlação entre a ET e as CM. A ET é então conceptualizada como a competência que nos permite perceber acontecimentos na sua sequência e as suas relações temporais, assim como estabelecer sistemas de relação (Fonseca, 2010). Para Buzsáki (2006), a capacidade do cérebro para gerar e captar periodicidade é um pré-requisito para a ação e cognição. É o tempo que dá significado à experiência atribuindo-lhe causalidade e, sem noção de periodicidade, não existe noção de antes, agora e depois (Buzsáki, 2006). Por componentes temporais como a irreversibilidade, periodicidade, relação e sucessão de elementos serem comuns à matemática (Luiz, 2008) e porque a análise temporal da informação é um instrumento fundamental do desenvolvimento cognitivo (Fonseca, 2007) o elemento ET é introduzido no modelo teórico, como preditor das CM.

Outro componente do modelo é as funções executivas (FE). Elas são o conjunto de competências autorreguladoras que, tendo em conta o objetivo em vista, modulam a cognição, ação e emoção (Zelazo, 2015). Bull e Scerif (2010) comprovaram que crianças com menos CM têm dificuldades em tarefas que requerem inibição, utilização de estratégias aprendidas e manutenção de informação na memória de trabalho, competências que compõem as FE. Por serem responsáveis pelas competências de monitorização e manipulação de informação, supressão de estímulos distráteis, inibição de respostas indesejáveis, flexibilidade cognitiva e processamento da informação (Cragg e Gilmore, 2014), competências indispensáveis para uma adequada aquisição de CM, a hipótese de que as FE estejam correlacionadas com as CM é colocada neste estudo. As

FE serão consideradas tendo em conta as competências de memória de trabalho, planeamento e processamento (simultâneo e sequencial)

Para Cruz e Caldeira (2010), que perspetivam o processamento de informação (i.e. a interação entre o indivíduo e a tarefa) como uma competência dinâmica, em oposição a uma capacidade estática, é essencial a existência de um modelo teórico que esclareça e estruture os processos cognitivos que influenciam e são influenciados pelas aprendizagens. Isto permitirá determinar a sua qualidade, reeducação dos mesmos e, assim, o desenho de projetos de intervenção incidentes em processos cognitivos que promovam aprendizagens (Cruz e Caldeira, 2010). Uma dificuldade de aprendizagem pode resultar de dificuldades de processamento fonológico, visual ou auditivo, que também se poderá refletir na rechamada de dados da informação (i.e. recuperação lenta ou pouco automatizada da informação) (Fonseca, 2007) e, apesar de não terem sido encontrados estudos recentes que comprovem ou analisem a relação entre o PSI e o PSE e as CM, Fonseca (2008) afirma que eles são um dos pré-requisitos da aprendizagem (input – integração/planificação – output). Os dois tipos de processamento estão inclusos nas FE e sua avaliação, sendo no entanto considerados, também, individualmente. Pretendemos, portanto, verificar ou negar a existência de correlação entre cada um dos fatores e a CM.

Modelo teórico

Tidas em conta as considerações de teóricos, referidas na secção anterior, foi formulado um modelo de estudo. Este será alvo de uma investigação estatística e correlacional, que investigará a relação entre as CM e os fatores considerados. Desta forma, na Fig. 1 encontra-se sintetizada a hipotética relação entre os elementos em causa e as CM.

Considerando sempre a complexidade do desenvolvimento humano e das inúmeras variáveis que influenciam competências complexas como a matemática, e.g. fatores pessoais, sociais, emocionais, escola, apoio da família (Fiel, Guerrero, Blanco, 2016), desenvolvemos, através da literatura consultada e apresentada nos artigos que compreendem o estudo desenvolvido, uma perspetiva integrada e multidimensional na qual, por meio de variáveis dinâmicas, se procura compreender a influência de requisitos psicomotores e cognitivos nas CM (fig. 1).

Apesar de não abordarmos as correlações entre fatores influentes, devemos ter em conta a vertente holística que define o desenvolvimento dos mesmos e a constante interação entre competências no desenvolvimento humano, assim como a importância de conhecimentos já adquiridos, em processos de acomodação de novos conteúdos. Assim

sendo, teoriza-se que as CM sejam influenciadas por cada um dos elementos, assim como pela relação entre os mesmos.

Figura 1 – Modelo teórico de fatores influentes nas CM

Competências Matemáticas	Variável	Relação entre CM e variável
	Noção do corpo	Preditor da noção espacial; generalização do espaço que o corpo ocupa; generalização da noção de direita-esquerda/cima-baixo; eixo central como preditor das noções de simetria em relação a elementos externos; NC distal como preditor da noção numérica.
	Competências visuoespaciais	Como mediador do raciocínio; indispensável para uma interpretação competente de informação; preditor da representação mental de figuras ou esquemas; rotação de figuras; posição no espaço; percepção partes todo e atenção visual.
	Estruturação temporal	Interpretação e organização cognitiva dos estímulos; competências relativas a mudanças de ritmo, variações, constantes e transformações como posteriores orientadores no raciocínio matemático ponderado e sequencial.
	Funções executivas	Planeamento; processamento; resolução de problemas; inibição; flexibilidade cognitiva; memória visual de trabalho; monotorização e manipulação de informação; atenção.
	Processamento simultâneo	Visualização; noção espacial; rotação de figuras; analogias e dedução.
	Processamento sequencial	Análise, sequencialização, raciocínio lógico, indução, compreensão do problema.

Competências matemáticas

Exposta a importância do desempenho matemático no desenvolvimento e qualidade de vida do ser humano e para estabelecer a prematuridade e generalidade com que atua no desempenho de todos os indivíduos, devemos encarar a matemática, não como uma capacidade académica mas como a conjugação de vários elementos. Entre os quais se destacam: a linguagem quantitativa (Cruz, 2014), as competências simbólicas e representativas e as conceptualizações desenvolvidas através da experiência e ação com

o envolvimento (Harris e Petersen, 2017), assentando sempre em processos cognitivos antecedentes (Raghubar, Barnes e Hetch, 2010).

A matemática pode ser percebida como a competência que nos permite utilizar e relacionar os números, correspondentes operações, símbolos e formas de expressão e raciocínio matemático, sendo através do conhecimento matemático que produzimos e interpretamos vários tipos de informação, nomeadamente espacial e quantitativa, assim como resolvemos problemas do quotidiano (Barahona et. al, 2009).

A matemática compreende uma variedade de competências (e.g. o conhecimento numérico, factos aritméticos e a capacidade de seguir procedimentos), cujo desenvolvimento progride hierarquicamente, sendo que os conceitos matemáticos básicos são o suporte do domínio de competências mais complexas (Kim e Cameron, 2016; Menon, 2010).

Cruz (2014) define a matemática como um sistema linguístico que se rege por símbolos numéricos, em vez de letras e palavras. Assim, à semelhança da linguagem interior, auditiva e visual, a linguagem conceptual ou quantitativa é gerada pela ação e pela motricidade, tornando-se posteriormente independente do contexto e da ação, passando a precipitar, regular e organizar sistematicamente (Cruz, 2014).

Raghubar, Barnes e Hetch (2010) afirmam que a performance matemática assenta em processos cognitivos preexistentes e em desenvolvimento, incluindo competências linguísticas e espaciais e especialmente memória de trabalho. O conhecimento matemático inclui, então, um largo espectro de conceitos básicos como o de quantidade, contagens, formas, relações espaciais, medidas, padrões e comparações (Harris e Petersen, 2017).

Neste estudo a matemática é analisada na sua vertente formal e informal, sendo a primeira constituída por competências aprendidas formalmente em contexto escolar, que requerem a assimilação de convenções formais - como a leitura de números, a compreensão do sistema numérico e de valor associado e a memorização e recuperação de factos de adição, subtração e multiplicação, e a segunda competências adquiridas através da experiência - inclui competências de numeração e contagem, comparação de quantidades e utilização de ajudas visuais para fins de contagem (Libertus, Feigenson e Halberda, 2013).

O desenvolvimento do pensamento teórico na criança requer consciencialização e intencionalidade da ação e da aprendizagem, adquiridas desde a fase pré-escolar (Carey, Zaitchik e Bascandziev, 2015). As crianças iniciam a etapa escolar com aprendizagens e conhecimentos informais resultantes de experiências concretas, mediatizadas pelo corpo e pela ação, que irão fundamentar todas as aprendizagens posteriores (Perancho, 2014;

Pasqualini e Eidt, 2016). Os conhecimentos formais, aprendidos em contexto escolar, são então construídos sobre os informais, pelo que lacunas existentes na aprendizagem informal podem condicionar a aprendizagem formal, causando dificuldades de aprendizagem (Perancho, 2014).

Segundo Carey, Zaitchik e Bascandzhev (2015), aos 7 e 8 anos, tipicamente, encontram-se adquiridas as competências de representação, linguagem e associação simbólica, e surge a intencionalidade na aprendizagem. Os autores referem que este é um equilíbrio entre a importância que tomam a ação, experiência e representações e a competência para assimilar novas informações e conceitos.

Para compreendermos a precocidade do pensamento matemático no ser humano, é importante adiantar que as crianças iniciam a sua jornada na aprendizagem da matemática ainda antes de se conseguirem sentar (Harris e Petersen, 2017). Nesta linha de pensamento, Harris e Petersen (2017) sugerem que a promoção de competências a longo prazo deve ser realizada através de uma maior exposição a conceitos básicos da matemática durante a primeira infância. Os conceitos matemáticos adquiridos nos primeiros anos vão influenciar positivamente as aprendizagens posteriores e é nessas idades que a educação matemática pode ter o seu maior impacto (Direção geral da Educação, 2016). Segundo Harris e Petersen (2017), uma vez que à medida que a criança se desenvolve, também a sua curiosidade e motivação para a exploração aumentam, estes conceitos são promovidos através da ação sobre o objeto e o envolvimento. É esta ação que, segundo os autores, introduz a noção de quantidade, comparando formas e tamanhos de objetos e utilizando conceitos matemáticos em aspetos básicos do dia-a-dia, desenvolvendo, desta forma, a capacidade de raciocínio crítico e resolução de problemas (Harris e Petersen, 2017).

Segundo a DGE (2016), as crianças aprendem a sistematizar matematicamente as suas experiências informais, utilizando-o para representar as situações e experiências com significado. O desenvolvimento deste raciocínio requer a exposição a experiências que solicitem a utilização de objetos, com a finalidade de explorar para refletir (DGE, 2016).

Para Fonseca (2008) é com base nas experiências com significado, executadas com a mediatização do corpo e da motricidade, que as estruturas cognitivas são organizadas e é esta organização cognitiva que, posteriormente, irá planear, regular e sustentar a motricidade. Consideramos então uma relação bidirecional entre o psiquismo e a motricidade, que constituem um sistema dinâmico de integração e dinamização da aprendizagem (Fonseca, 2008).

Recuperando afirmações de autores como Cruz (2014), Raghobar, Barnes e Hetch (2010), Harris e Petersen (2017), Kim e Cameron (2016) e Menon (2010), afirma-se que, para que a aquisição de CM seja funcional e ótima, a interação com o contexto, a ação e a motricidade devem ser exploradas. Salienta-se que o corpo e a motricidade são instrumentos que contribuem para esta interação (Harris e Petersen, 2017; Cruz, 2014). Isto significa que a linguagem conceptual ou quantitativa utilizada na matemática assenta em processos cognitivos preexistentes. Posteriormente, é interiorizada pela ação, para que depois se possa tornar autónoma e independente, possibilitando a regulação e organização sistemática de conteúdos (Cruz, 2014; Kim e Cameron, 2016; Menon, 2010).

Uma quantidade crescente de estudos demonstra que competências não exclusivamente matemáticas, como a NC (Moeller et al., 2011; Luca e Pesenti, 2010; Tamè, L., Dransfield, E., Quettier, T., Longo, M., 2017), as CVE (Gunderson et al., 2012; Verdine, Irwin, C., Golinkoff, R., Pasek, 2014), a ET (Mertoglu, 2010; Sanders, 2012; Miendlarzewska e Trost, 2014; Spelke, 2008) e as FE (Clark, Pritchard, e Woodward, 2010; Geary, Hoard, Nugent, e Byrd-Craven, 2008) influenciam a respetiva performance de jovens estudantes, apesar de a forma como estas ligações são estabelecidas ainda não estar totalmente esclarecida (Verdine, Irwin, Golinkoff, Pasek, 2014).

Seguidamente, serão exploradas algumas perspetivas acerca da construção dos conceitos matemáticos básicos e do papel do corpo e do movimento nesta aquisição. Nomeadamente, será explorada a função que a memória e o planeamento tomam no construto matemático, da importância da perceção do mundo que nos rodeia na aquisição das CM e por fim, da importância da ET na organização cognitiva e compreensão da linguagem conceptual ou quantitativa.

Noção do corpo

Para compreender a forma como as competências matemáticas são influenciadas e qual o papel de alguns requisitos psicomotores na sua construção, é necessário remeter para o início de toda e qualquer aprendizagem humana e suporte do desenvolvimento: o corpo (González, 2011).

A NC permite a receção, análise e armazenamento das informações corporais, à qual sucede uma consciencialização somatotópica organizada e à qual é atribuída uma relação inseparável com o potencial de aprendizagem (Fonseca, 2010). Também se define como a representação que geramos do nosso corpo, dos seus segmentos corporais, da

sua estruturação, das possibilidades do movimento e das respectivas limitações (González, 2011).

A NC, na qual se integra o esquema corporal e a imagem corporal (esta última não considerada no estudo dada a componente emocional e subjetiva associada), inclui competências de reconhecimento do corpo, da postura e do posicionamento dos seus segmentos (Neto, Amaro, Pestes e Arab, 2011). Ela também é constituída pela união de diversas informações recolhidas através da ação, estando em estreita ligação com a atividade motora, sendo expressada através do movimento (Neto, Amaro, Prestes e Arab, 2011).

Para Marcelli e Cohen (2010) a criança é o corpo, sendo através dele que são as experiências, tornando-se organizador da sua personalidade, pelo que o desenvolvimento infantil está par a par com a consciencialização corporal.

O diálogo tónico-emocional é então o antecedente das posteriores aprendizagens e interações com o meio, que inicialmente são nada mais do que presença/ausência, aproximação/afastamento, posturas e gestos, atividades de contenção e contacto térmico, sendo elas que constituem o suporte indispensável à organização do psiquismo (Martins, 2015). Esta interação constante e promotora da aprendizagem evolui e é contínua (Fonseca, 2008). O corpo torna-se o instrumento da relação bidirecional entre o psiquismo e a motricidade, incorporando e dinamizando a integração sucessiva de novas informações (Fonseca, 2008). González (2011) refere que o corpo é o primeiro elemento do domínio do comportamento e que é através dos comportamentos motores e perceptivo-motores que a criança adquire as habilidades cognitivas.

É a partir da NC que as crianças desenvolvem a sua estruturação e orientação no espaço e no tempo, sendo eles elementos essenciais no processo de aprendizagem e desenvolvimento, fundamentais na assimilação de conceitos e estratégias de pensamento, baseadas na experiência (Xisto e Benetti, 2012). As representações primárias do corpo em ação enquadram, espacial e temporalmente, posteriores representações, sendo a base e referência das mesmas (Fonseca, 2010).

Neste estudo será considerada a NC, também pela posterior generalização de competências para a construção da noção espacial extracorporal (González, 2011; Fonseca, 2008) e a NC distal (das mãos e dos dedos), pela sua pertinência para a aquisição das representações numéricas (Moeller et al., 2012; Moeller et al., 2011) e da representação abstrata da magnitude numérica (Luca e Pesenti, 2010).

A investigação de Neto, Amaro, Prestes e Arab (2011) objetivava analisar o esquema corporal, em 39 crianças entre os 6 e os 10 anos, com dificuldades de

aprendizagem não específicas. Verificou-se um atraso na idade motora e no quociente motor do esquema corporal, sugerindo que, para o desenvolvimento de competências escolares, é essencial o desenvolvimento do esquema corporal.

À mesma conclusão chegaram Papst e Marques (2010), que avaliaram componentes psicomotoras em 30 crianças com idades compreendidas entre os 8 e os 10 anos, com dificuldades de aprendizagem, concluindo que o desenvolvimento do esquema corporal se encontrava prejudicado na amostra, sendo, de todas as competências avaliadas, a mais afetada para todos os grupos etários.

Progressivamente, quando o conhecimento do corpo é desenvolvido, as crianças adquirem noções numéricas e aritméticas básicas (Moeller et al., 2011). Estas noções são aprendidas através de representações como a contagem pelos dedos que, segundo perspetivas neurocognitivas, providencia um *input* multissensorial, transmitindo aspetos ordinais e cardinais à construção da noção de número (Moeller et al., 2011). Moeller et al. (2012) interpretam as representações corporais distais de número (i.e. contagem pelos dedos), como resultado de uma integração multissensorial ocorrida durante a infância, que se irá transformar numa simulação *offline*, do programa motor aprendido anteriormente.

Pacientes que demonstram dificuldades na identificação dos dedos (i.e. agnosia distal), não revelam obrigatoriamente dificuldades na sensação ou motricidade fina (Tamè, Dransfield, Quettier, Longo, 2017). Esta independência de competências propriocetivas e identificação tem sido tomada como evidência de que as aptidões de representação corporal (e.g. descrição estrutural do corpo) são distintas e não dependentes da representação sensório-motora e propriocetividade (Tamè, Dransfield, Quettier, Longo, 2017).

Desta forma, para avaliar as competências de reconhecimento e representação sensório-motora nos dedos (i.e. gnosia distal), Tamè, L., Dransfield, E., Quettier, T. e Longo, M. (2017) utilizaram a *in-between task*, na qual os indivíduos teriam de (1) reconhecer os dedos que tinham sido tocados pelo observador (i.e. representação sensorial), (2) identificando-os posteriormente num esquema da mão apresentado (i.e. representações estruturais corporais de nível superior). Também no presente estudo, para avaliação da NC, foi adotado este princípio, diferenciando a competência sensório-motora de identificação, da competência de nomeação da parte do corpo tocada.

Fernandes, Dantas e Carvalho (2014) encaram a NC, mais especificamente as competências de imitação de gestos, como integrantes da segunda unidade funcional do cérebro, que é responsável pela análise visual, auditiva e tátil. No seu estudo, a NC, tal como a estruturação espaço-temporal, foi identificada como área fraca na amostra

considerada, composta por 37 crianças com idades compreendidas entre os 7 e os 10 anos de idade com DA. Apesar de a diferença encontrada não ser estatisticamente significativa, estes autores consideram que esta interligação pode influenciar os processos de memória de trabalho em tarefas algorítmicas, reconhecimento de padrões ou sequencialização.

Crianças com boas representações numéricas distais demonstram competências aritméticas superiores, sendo que estas, tal como a representação abstrata da magnitude numérica na idade adulta (Luca e Pesenti, 2010), poderão ser promovidas através do treino gnosico-praxico dos dedos (Moeller et al., 2011).

Sendo que o corpo é precursor da aprendizagem, incluindo conceitos matemáticos e noções numéricas (Fonseca, 2008; González, 2011), a forma como o individuo interage com o corpo e é capaz de o utilizar na exploração do envolvimento, influencia as aquisições que são realizadas ao longo da vida (Moeller et al., 2011). Os autores acima referidos comprovaram a influência desta interação nas aquisições matemáticas, tornando-se relevante ter em consideração a sua avaliação, para uma posterior averiguação acerca da relação, ou sua ausência, entre as duas aptidões.

Competências visuoespaciais

Tal como a relação com o corpo é uma constante nas aprendizagens naturais que realizamos através do envolvimento, também a CVE é um instrumento que utilizamos desde muito cedo, para a captação e tratamento da informação visual, não podendo ser, no entanto, reduzida a um modelo mecânico ou ótico (Dias, 2008).

As CVE incluem, então, a identificação, distinção e representação sensorial, interpretando e organizando os elementos físicos dos estímulos, mas não os seus aspetos simbólicos (Cruz, 2009). São um conjunto de processos complexos, que sintetizam informações parciais compondo-as num todo, constroem e manipulam representações, percecionam e compreendem orientações espaciais e reproduzem modelos visuais (Kim e Cameron, 2016).

Para Ogawa, Nagai e Inui (2010), as CVE permitem percecionar o mundo visual, compor representações mentais de objetos, manipular mentalmente estas representações e reconstruir aspetos visuais de uma experiência.

As manipulações específicas da informação espacial, como a rotação mental, e outras competências espaciais, como a memória visuoespacial (Verdine, Irwin, Golinkoff, e Hirsh-Pasek, 2014) e a cognição espacial, (que envolve a reflexão e reconstrução espacial, i.e. imagem interna de um acontecimento externo) compõem as CVE (Gilligan, Flouri, Farran, 2017) e também são considerados neste estudo, por assistirem na

construção e desempenho das subcompetências avaliadas. Das CVE faz parte o processamento cerebral relacionado com representações espaciais, o reconhecimento de movimento relativo e objetos no espaço, processos que suportam a rotação mental, assim como realizações motoras como alcançar e agarrar um objeto e a atenção espacial (Atkinson e Nardini, 2008).

Ehrlich, Levine e Goldin-Meadow (2013) investigaram, com uma amostra de 70 crianças de ambos os gêneros, com 5 anos, a influência da ação no desenvolvimento de CVE. Colocaram e confirmaram a hipótese de que o gesto promove competências de transformação espacial e resolução, fornecendo informação essencial sobre movimento e estratégias espaciais, durante a resolução de problemas. A experimentação do gesto e da ação durante a infância assistem então na posterior organização de conteúdos cognitivos sob a forma de representação perceptual, criando uma imagem interna de ação no pensamento (Bull, 2010). Mais uma vez, as CVE, tal como a NC, influenciam e são influenciadas pela experiência e ação com intenção, durante todo o desenvolvimento da criança, determinando a organização cognitiva e posterior desempenho matemático (Bull, 2010).

Como anteriormente referido, para além do reconhecimento de número, contagens e magnitude – competências privilegiadas no estudo do desempenho matemático – pesquisas sugerem que outras habilidades, menos tradicionais em termos académicos e também conhecidas como *processos cognitivos de domínio geral* (Welsh, Nix, Blair, Bierman, e Nelson, 2010) estão fortemente associados com resultados futuros (Kim e Cameron, 2016). Entre eles encontra-se um processo cognitivo em particular: as CVE (CVE) (Verdine, Irwin, Golinkoff, e Hirsh-Pasek, 2014; Bull e Lee, 2014; Cragg e Gilmore, 2014; Uttal et al., 2013).

Resultados de uma regressão estatística hierárquica, indicam que as CVE, em conjunto com as mais à frente abordadas FE, predizem 70% da variância na performance matemática, em crianças com 3 e 4 anos de idades (n=44) (Verdine, Irwin, Golinkoff, Pasek, 2014). Através das CVE são utilizadas estratégias adaptativas para resolver problemas aritméticos, os números e quantidades são interpretados e representados espacialmente, pode ser construída uma representação mental da linha numérica, realizado cálculo e estimação aproximados e representadas magnitudes e situações não-verbais (Kim e Cameron, 2016).

Fortes CVE estão associadas com o sucesso nos domínios da ciência, tecnologia, engenharia e matemática (Gilligan, Flouri, Farran, 2017). Contudo, apesar de existirem evidências de que são um preditor viável do desempenho matemático, no pré-escolar e

nos estudantes universitários, existem poucos estudos que exploram esta associação durante os primeiros anos escolares (Gilligan, Flouri, Farran, 2017).

Gilligan, Flouri e Farran (2017) tentaram preencher este lapso, levando a cabo uma investigação correlacional com 12 009 crianças de ambos os géneros, com idades compreendidas entre os 5 e os 7 anos de idade. Os resultados demonstraram que as CVE explicam significativamente 8,8% da variabilidade no desempenho matemático aos 7 anos, com um ajustamento para as competências linguísticas e 22,6% quando este ajustamento não é realizado (Gilligan, Flouri, Farran, 2017).

Investigações de Bull, Davidson e Nordmann (2010) e de Klein e Adi-Japha (2010) demonstraram uma correlação positiva entre aptidões visuo-espaciais e matemáticas, sendo que, até por volta dos 7 anos de idade, as crianças utilizam estas representações para recolher e armazenar informação matemática (Bull, 2010). A partir desta fase começam a utilizar, naturalmente, a linguagem verbal para esta finalidade (Bull, 2010).

A noção de que as CVE, tanto precoces como decorrentes, contribuem para o desempenho matemático aos 7 anos de idade, destaca o potencial das mesmas para serem encaradas como um novo objeto na promoção das CM (Gilligan, Flouri, Farran, 2017).

Resultados de Pieters, Desoete, Roeyers, Vanderswalmen e Waelvelde (2012) relativos a um estudo que avaliou uma amostra de 39 crianças de ambos os géneros com 7, 8 e 9 anos de idade, revelaram que a perceção visual, as competências motoras e a integração visuomotora eram explicativas de domínios matemáticos, como recuperação de casos numéricos ou procedimentos de cálculos. Adicionalmente, foi encontrado um leve atraso no desenvolvimento destes três componentes e um atraso severo nas habilidades motoras, em crianças com dificuldades de aprendizagem matemáticas (Pieters et al., 2012).

Atividades motoras (e.g. agrupar e contar objetos) ou tarefas dependentes da perceção, atenção visual ou noção espacial, são necessárias para gerar representações mentais e noções numéricas adequadas (Piaget e Inhelder (1956) cit. *in* Bull, Espy, Wiebe, 2013). Para Bull, Espy e Wiebe (2013), a integração visuomotora (IVM) pode ser afetada por dificuldades na perceção visual, competências motoras ou pela integração de ambas (i.e. a cópia de uma figura pode ser afetada pela perceção da mesma, bem como pela dificuldade motora para o desenho). Assim, no que diz respeito à avaliação da IVM, convém avaliar não só a perceção, mas também a componente motora (Bull, Espy e Wiebe, 2013), mais especificamente a motricidade fina (Pieters et al., 2012). Neste estudo, para avaliar a IVM, foram utilizadas tarefas dependentes e independentes da motricidade, sendo as

mesmas diferenciadas e especificadas de acordo com as competências exigidas, para que seja possível diferenciar a origem da dificuldade.

Kang, Hong, Blake e Woodman (2012) e Pisella (2017) estudaram a relação entre a memória visual de trabalho e a percepção visual, chegando à conclusão que a primeira interage diretamente com os mecanismos neurais envolvidos nos processos sensitivos básicos. A memória de trabalho consiste na capacidade de processar e reter, temporariamente, uma quantidade limitada de informação (Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier, Jansen, 2013), podendo ser, simultaneamente, considerada um armazenamento temporário de informação (Kyttala e Lehto, 2008). Posto isto, o observador percebe a direção de certo movimento de forma errada quando, enquanto observa o estímulo, utiliza a memória de trabalho visual para memorizar um movimento diferente (Pan, Cheng e Luo, 2012; Kang, Hong, Blake e Woodman, 2012). Por outro lado, se a entrada de informação (i.e. percepção) não for ótima, o seu armazenamento temporário será também prejudicado, influenciando a qualidade da memória de trabalho (Pan, Cheng e Luo, 2012).

Dito isto, a percepção visual não só influencia, como é influenciada pela memória de trabalho visual (Pisella, 2017; Pan, Cheng e Luo, 2012; Kang, Hong, Blake e Woodman, 2012), pelo que iremos considerar alguns estudos que a relacionam com as CM.

No âmbito da matemática, muitas das estratégias utilizadas dependem da representação e memória de trabalho visuo-espacial como: a contagem pelos dedos, a contagem mental de objetos ou a utilização da linha numérica mental (Van der Ven, Van der Maas; Straatemeier e Jansen, 2013). Estas estratégias são, mais tarde, substituídas por rotinas verbais, encontrando-se esta evolução dependente da funcionalidade das estratégias iniciais e da memória visual de trabalho (Kim e Cameron, 2016).

Foram encontradas relações significativas entre a memória visual de trabalho e diferentes domínios da matemática (Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier e Jansen, 2013; Kyttala e Lehto, 2008), desde inversão de números, mal alinhamento das colunas de dígitos, dificuldades na atenção visual e monitorização, desconsideração de sinais ou dificuldades de organização nas operações aritméticas (Bull, Espy e Wiebe, 2013).

Revendo as afirmações de autores como Dias (2008), Fonseca (2005) e Cruz (2009), compreende-se que a integração de novas informações depende também da captação e tratamento da informação visual, da integração do estímulo visual e correspondente processo perceptivo, assim como da identificação, distinção e representação. Deve ser tido em consideração que, da interpretação e organização dos elementos físicos dos estímulos, está dependente a sua interpretação simbólica (embora

ela não seja uma função da percepção visual) e que esta pode ser negativamente influenciada, caso a CVE não se revele funcional (Cruz, 2009). Destaca-se a percepção íntegra dos dados visuais e espaciais, para que o seu processamento simbólico e respetiva utilização da linguagem conceptual seja ótima, uma vez que, só posteriormente, estas são substituídas pela linguagem verbal (Bull, 2010).

Estruturação temporal

O tópico anterior tratou a forma como utilizamos e processamos a informação espacial e visual. Mas como nos orientamos temporal e ritmicamente? Alguns processos de análise e planeamento dependem de uma sequência temporal, sendo eles sucessivos e podendo ser organizados em antes, agora e depois (Thaut, Trimarchi e Parsons, 2014). Assim, o ritmo, a temporalidade e a sucessão de acontecimentos está presente não só no envolvimento, mas também na cognição e nos processos de tratamento de informação, estando sempre acompanhado pela criação de padrões e estruturas (Sanders, 2012).

Para Fonseca (2007), a avaliação temporal da informação é uma ferramenta básica do funcionamento cognitivo, uma vez que qualquer indivíduo recebe e analisa, constantemente, informação que deve ser averiguada nas suas componentes espacial e temporal, para formar uma correta percepção do envolvimento. Consequentemente, podemos definir a ET como a habilidade para compreender e ajustar a ação às componentes temporais, (i.e. irreversibilidade, periodicidade, velocidade, duração de intervalos e sua ordem de sucessão), bem como a capacidade do indivíduo para se organizar e orientar no tempo, considerando um objetivo temporal (Fonseca, 2007). Compreende-se então a necessidade de organizar a atividade cognitiva e ações motoras, de forma sequencial e enquadradas no tempo, para que adquiram significado e intencionalidade (Fonseca, 2007).

Os estímulos auditivos são percebidos desde o período neonatal, criando desde cedo reações motoras no feto (Mertoglu, 2010). Esta influência continua a desenvolver-se através do nascimento e do desenvolvimento do bebé, por exemplo com as canções de embalar (Mertoglu, 2010). O sentido rítmico pode ser facilmente internalizado e utilizado como instrumento sistematizante, sendo que a sensibilidade ao som e sua diferenciação em crianças com 4 meses de idade, prediz a inteligência aos 5 anos de idade (Mertoglu, 2010).

As crianças organizam o seu mundo de forma contínua através do estabelecimento de padrões e da criação de estruturas (Sanders, 2012). De acordo com Nes e Lange (2007), podemos definir um padrão como uma regularidade numérica ou espacial e a

relação entre os seus elementos como uma estrutura. Como exemplos de estruturas espaciais familiares para as crianças, podemos considerar os pontos de um dado, contas de um colar ou construções com blocos; se considerarmos o ritmo como uma construção padronizada e estruturada, é possível estabelecer a analogia – a música é uma estrutura espacial, construída por padrões de som constituídos por curvas, pontos e linhas (Sanders, 2012).

Entre as notas musicais, intervalos, escalas, harmonia e afinação; e as proporções, relações numéricas, números inteiros e logaritmos, podemos estabelecer uma semelhança (Luiz, 2007). Tal como na aritmética, também as notas musicais incluem conceitos de tempo reversível, padrão e dinamismo (Luiz, 2007). Estes elementos estão relacionados, no que toca às competências necessárias para os compreender, com algumas operações aritméticas (e.g. divisão, multiplicação, adição e funções logatemporais), trigonometria e geometria (Fauvel, Flood e Wilson, 2006). Adicionalmente, a exploração temporal requer habilidades perceptuais como a memória auditiva, atenção e memória seletiva, assim como exige a conjugação precisa de uma variedade de ações e controlos cerebrais, organizados hierarquicamente (Miendlarzewska e Trost, 2014).

A periodicidade da música, ou o seu ritmo, é a conexão mais direta entre a música e a matemática, gerando por si só uma proporcionalidade implícita e subjacente, facilmente representada pela ação (Bamberger e Disessa, 2013).

Miendlarzewska e Trost (2014) estudaram o processo de modificação da estrutura e funções cerebrais através do treino musical, durante o desenvolvimento. No seu estudo, deixam claro que o ritmo musical se desenrola temporalmente. Assim, para que o sistema cognitivo gira esta perceção, o mesmo dependerá da memória de trabalho, que permite que um estímulo se mantenha ativo, para que os elementos de uma sequência sejam relacionados (Miendlarzewska e Trost, 2014).

Bamberger e Disessa (2013) abordam a hipótese de forma alternativa, afirmando que estruturas temporais coerentes, podem ser um objeto importante no contexto de aprendizagem, através do qual as ideias matemáticas podem ser deduzidas e percebidas. Estes autores estabelecem uma relação entre os padrões de mudança, transformações e invariantes da matemática e as estruturas e organização de ritmos e padrões musicais.

Ao contrário das unidades de referência externas, normalmente utilizadas para medir e calcular na matemática (centímetro, caloria, grama), o ritmo, como unidade de medida na música, é gerado unicamente pelas relações entre os eventos internos da música em si, podendo ser considerado como um líder temporal (Bamberger e Disessa, 2013). Mas o que permite que nós consideremos o ritmo como um elemento interpretativo

do significado? Segundo Bamberger e Disessa (2013) são as periodicidades em cada nível e as relações proporcionais que entre elas surgem, que são no fundo, a relação entre elementos e sua interpretação, considerando a reversibilidade, estrutura e sequência ou padrão.

Com avaliações realizadas a sessenta indivíduos, entre os 5 e os 6 anos de idade, escolhidos aleatoriamente em 4 jardins-de-infância, Mertoglu (2010) colocou e confirmou a tese de que em crianças com competências temporais superiores, se verificam também CM superiores.

Também Sanders (2012) considerou a relação entre a competência musical e a matemática. O autor afirma que o ritmo é a ação sonora através do tempo e que, por isso, o treino rítmico promove a estruturação espaço-temporal, um requisito da matemática.

Spelke (2008) concluiu que a habilidade matemática não se encontra exclusivamente associada a um sistema cognitivo. Para tal, realizou um estudo através do qual concluiu que, crianças que receberam um treino musical moderado ou intensivo, obtiveram um desempenho mais alto em tarefas espaciais e geométricas, mesmo depois de controladas as variáveis *QI* e *motivação*. Posteriormente, o autor quis compreender a origem desta conexão, pelo que conduziu um estudo no qual abriu a possibilidade de associação da duração de um som, com o comprimento de objetos, a qual foi estabelecida em crianças com 2 anos de idade. Assim, o investigador provou a relação entre características temporais e noções espaciais.

Uma vez imaginada a estrutura espacial ou temporal de um certo número de objetos ou sons manipuláveis, o sentido de número, que inclui conhecimento de quantidade e contagem, pode ser substancialmente clarificado e fortalecido, podendo esta tarefa promover competências numéricas (Sanders, 2012).

Conclui-se que processos de análise e planeamento dependem de uma sequência temporal (Thaut, Trimarchi, Parsons, 2014) e que a sucessão de acontecimentos está presente não só no envolvimento, mas também na cognição e nos processos de tratamento de informação, sendo estes acompanhados pela associação de padrões e estruturas (Sanders, 2012). É esta criação de padrões, associada à noção de causalidade, que atribui significado ao pensamento e à ação (Fonseca, 2007) e dela está dependente, também, o raciocínio matemático e a memória associativa (Miendlarzewska e Trost, 2014). Os autores (e.g. Luiz, 2007; Fauvel, Flood e Wilson, 2006; Miendlarzewska e Trost, 2014) evidenciam semelhanças entre os processos cognitivos necessários para compreender estruturas temporais e aqueles indispensáveis ao raciocínio matemático, evidenciando resultados que associam a competência temporal ou temporal com as CM (Miendlarzewska e Trost, 2014;

Mertoglu, 2010; Spelke, 2008). Esta última pode ser trabalhada com recurso à promoção de competências de ET (Sanders, 2012).

Funções executivas

Abordada a importância de alguns requisitos psicomotores para o desenvolvimento de CM, concluímos que muitas aprendizagens são adquiridas através da ação e interação com o envolvimento. Por outro lado, existem competências cognitivas que permitem que estes processos sejam realizados de forma harmoniosa e competente e é sobre eles que dissertamos nos dois tópicos que se seguem.

No planeamento, processamento de informação e resolução de problemas em contextos desafiantes ou com um objetivo associado, são utilizadas competências cognitivas de alto-nível, as FE (FE) (Verdine, Irwin, C., Golinkoff, R., Pasek, 2014; Blair, 2010; Beck, Schaefer, Pang, e Carlson, 2011). Competências como a inibição, flexibilidade cognitiva, memória de trabalho, planeamento, assimilação e acomodação são essenciais no desenvolvimento de habilidades matemáticas (Verdine, Irwin, Golinkoff, Pasek, 2014; Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore, 2017; Kim e Cameron, 2016; Uttal et al., 2013). Neste estudo, as FE são avaliadas através da memória de trabalho, planeamento e processamento (i.e. perceber, memorizar e agir em função) de informação, simultâneo e sequencial (Cragg e Gilmore, 2014).

Sabe-se que, para além das competências precoces mais frequentemente associadas às CM e desempenho futuro (i.e. contagens, magnitude e reconhecimento de número), existem os processos cognitivos de domínio geral (Welsh, Nix, Blair, Bierman, e Nelson, 2010). É aqui que se inserem as FE, sendo então classificadas por alguns como um preditor das CM (e.g. Kim e Cameron, 2016; Verdine, Irwin, Golinkoff, e Hirsh-Pasek, 2014; Bull e Lee, 2014; Cragg e Gilmore, 2014; Uttal et al., 2013).

Para Cragg e Gilmore (2014) as FE, que incluem as competências de monitorização e manipulação de informação (memória de trabalho), supressão de estímulos distráteis e inibição de respostas indesejáveis (inibição) e flexibilidade cognitiva, tomam funções muito importantes na proficiência matemática.

Bull, Espy e Wiebe (2013) referem-se a dois sistemas integrantes da memória de trabalho, sem os quais esta não seria tão eficiente: o *loop* fonológico e o *sketch pad* visuo-espacial, que são especializados para processar informação linguística e visuo-espacial, respetivamente. Os autores colocam especial ênfase no desempenho da memória de trabalho visuo-espacial em tarefas aritméticas, afirmando que esta competência está relacionada com as CM em crianças com 10, 11 e 14 anos de idade.

Já Crocker, Riley e Mattson (2015) consideram a hipótese de que as CM sejam construídas sob outros sistemas cognitivos gerais, tais como a atenção (Crocker, Riley e Mattson, 2015; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, e Menon, 2010; Rotzer et al., 2009; Zheng, Swanson, e Marcoulides, 2011) e a memória visual (Passolunghi, Mammarella, e Altoe, 2008; Crocker, Riley e Mattson, 2015).

Bull, Espy, Wiebe (2013) colocaram e investigaram a hipótese de que a memória de trabalho, juntamente com a memória a curto prazo na qual está incluída, e as FE predizem a proficiência no desempenho acadêmico aos 7 anos de idade. Concluíram que, a crianças com avaliações mais positivas no que diz respeito à noção de número e FE, correspondiam também avaliações mais positivas no âmbito da matemática. Mais especificamente, ficou claro para os autores que a memória visuo-espacial a curto prazo é um forte preditor do desempenho matemático e que as FE predizem a competência para a aprendizagem, de forma geral, em oposição à aprendizagem em um domínio específico (Bull, Espy, Wiebe, 2013).

Para Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore (2017), o sucesso na matemática é predito pelo *conhecimento específico e factual do domínio, competências processuais e entendimento conceptual*, assim como pelas FE de domínio geral. Posto isto, desenvolveram um estudo onde investigaram a extensão na qual as FE contribuíam para estas três componentes do conhecimento matemático. Concluíram que as competências específicas do domínio, mediavam parcialmente a relação entre as FE e as CM, (i.e. o controlo inibitório está associado ao conhecimento factual e competências processuais). Os autores afirmam ainda que a memória de trabalho contribui, indiretamente, para a aquisição de CM, através do conhecimento factual, competências processuais e entendimento conceptual, tendo também um papel na identificação e construção da representação de problemas.

Peng et. al (2016) analisaram fatores cognitivos de domínio geral e competências académicas de domínio específico, associando-as com o desenvolvimento de competências de cálculo, em 176 crianças com dificuldades de aprendizagem. Os resultados demonstraram que a competência numérica, velocidade de processamento da informação e competências de descodificação (sendo as últimas duas componentes integras do funcionamento executivo) explicam significativamente a variância no desempenho nas tarefas de cálculo.

A memória de trabalho, inibição, flexibilidade cognitiva, planeamento/resolução de problemas e processamento de informação (simultâneo e sequencial), são, segundo os autores consultados e apresentados neste tópico, indispensáveis ao raciocínio e

performance matemáticos. É através da memória de trabalho e visual, atenção e inibição de estímulos distráteis, que nos disponibilizamos para a aprendizagem, sendo estas competências que estão positivamente correlacionadas com a proficiência matemática (Bull, Espy, Wiebe, 2013; Bull, Espy, Wiebe, 2013; Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore, 2017; Peng et. al, 2016).

Processamento simultâneo e sequencial

Uma vez consideradas competências (visuoespaciais, a ET e a NC) que resultam de uma influência sistêmica e mútua, do psiquismo e da motricidade, e cuja manifestação envolve funções cerebrais e processamento de informação (Fonseca, 2009) e porque dissertamos sobre a sua influência nas CM, que exige um constante processamento de informação visual e auditiva, torna-se importante considerar também a forma como este processamento se realiza. Apesar do processamento de informação se enquadrar nas FE, ele será avaliado e considerado independentemente das mesmas.

Juntamente com a atenção e planificação, incluídas nas FE, o processamento de informação é um processo cognitivo fundamental para todas as aprendizagens (Fonseca, 2010). Utilizando um programa (PREP) que pretende melhorar resultados escolares em crianças com dificuldades de aprendizagem e que consiste na promoção do PSI e PSE, bem como da atenção e planificação, Cruz e Caldeira (2010), provaram a eficácia do mesmo, obtendo resultados que consistiram na reeducação dos processos cognitivos e aprendizagens académicas.

Consideramos duas formas primárias de codificação e tratamento de dados percetuais: o PSI e o PSE (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013). Estas são duas principais funções da segunda unidade de Luria (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013), que coloca a existência de três unidades funcionais (segundo Téllez e Sánchez, 2016 e Fonseca, 2010):

- A) A primeira unidade de Luria, que desempenha as funções de ativação reticular, selecionando, sustendo, filtrando e focando a atenção;
- B) A segunda unidade de Luria, que obtém, processa, integra, sintetiza e armazena a informação sensorial e permite a significação e compreensão.
- C) A Terceira unidade de Luria, que seleciona, planeia, executa e direciona padrões comportamentais, assim como gere o respetivo feedback e que está dependente de funções cognitivas vitais, como a atenção sustida, vigilância e autoconhecimento.

Também as CVE, a ET e a NC fazem parte da segunda unidade de Luria, que Fonseca (2010) caracteriza responsável pela recepção, análise e armazenamento da informação, mais precisamente pela recepção, análise e síntese sensorial, organização espacial, organização temporal, simbolização esquemática, decodificação e codificação, processamento, armazenamento, integração perceptiva e elaboração gnósica (i.e. da percepção).

Por serem processos de integração fundamentais (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013) queremos compreender a relação entre o processamento sequencial e paralelo e o desempenho matemático. A associação entre estes dois processos e a aprendizagem já foi considerada, embora relativamente às competências de leitura (e.g. Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois, 2008; Thesen, McDonald, Carlson, Doyle, Cash, Sherfey, Felsovalyi, Girard, Barr, Devinsky, Kuzniecky e Halgren, 2015; Ellis, Ferreira, Cathles-Hagan, Holt, Jarvis e Barca, 2009). Neste estudo pretendemos realizar esta associação com a matemática, que também depende da codificação de informação (visual ou auditiva) e respetiva associação e tratamento (Bull, 2010).

O PSE consiste no processamento de informação em sequências temporais ou em série, pelo que a análise de informação ocorre através de fases sucessivas, em que cada uma providencia informação para que seja possível o processamento da seguinte (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013). Este tipo de processamento ocorre, por exemplo, quando um indivíduo repete uma série de números que lhe são apresentados oralmente: cada fase do processamento está dependente da sua sucessão, neste caso do número que se segue, para que a sequência continue (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013). Para processar uma sequência rápida de estímulos, a atenção deve ser (re)direcionada, de acordo com as diferentes modalidades sensoriais presentes e relevantes perante o contexto (Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois, 2008). No estudo de Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois (2008), é afirmado que indivíduos com dificuldades na leitura manifestaram dificuldades no PSE, particularmente na seleção e manutenção da atenção durante o processamento rápido de sequências de estímulos visuais e no processamento de sequências longas de informação auditiva, sendo que, crianças com dificuldades na leitura também manifestam dificuldades gerais no PSE. Poderá esta dificuldade na codificação de informação visual transpor-se para o desempenho na matemática, que também depende da codificação de símbolos com significado?

O PSI é utilizado quando toda a informação ou estímulos são apresentados simultaneamente, o que significa que a análise de frações da informação pode ocorrer

independentemente da relação da parte com o todo (e.g. quando o indivíduo percebe uma figura, tendo sido disponibilizadas partes da mesma) (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013). Dificuldades em processar números consideráveis de elementos refletem-se quando é necessário direcionar a atenção através de conjuntos de letras, números ou símbolos, limitando o número de elementos que podem ser processados em paralelo durante tarefas de PSI de elementos visuais num arranjo composto por vários componentes (Boss et al., 2007). Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois (2008) consideram um subgrupo de crianças disléxicas, nas quais não se verificam dificuldades fonológicas, e cujas dificuldades se devem unicamente a dificuldades de codificação e PSI da informação. Serão estas dificuldades transponíveis para as dificuldades matemáticas, já que os requisitos de codificação e processamento de vários elementos informacionais se mantêm?

Daremos resposta a estas questões no artigo prático que dá continuidade a esta dissertação, no qual se procura verificar a existência de correlação entre o PSI e o PSE e as CM.

Conclusão

A aquisição proficiente de CM está dependente da aprendizagem natural, sucessiva e progressiva, resultante da ação sobre o envolvimento (Raghubar, Barnes e Hetch, 2010; Harris e Petersen, 2017; Kim e Cameron, 2016; Menon, 2010). É a exploração do envolvimento, através do corpo e da motricidade, que permite que adquiramos conceitos de número, reversibilidade, quantidade, comparação, contagens, formas, relações espaciais, medidas e padrões (Harris e Petersen, 2017; Cruz, 2014). Assim, a linguagem conceptual e quantitativa é desenvolvida progressivamente, tornando-se posteriormente autónoma e independente, dando azo à regulação e organização de conteúdos (Cruz, 2014; Kim e Cameron, 2016; Menon, 2010).

Para isto, o corpo é utilizado como percursor das interações que possibilitam a aquisição de conteúdos, sendo a relação do indivíduo com o seu corpo e a forma com que ele atua, percursos da exploração e aprendizagem naturais (Moeller et al., 2011). Considere-se, por exemplo, a NC distal, que é promotora da aquisição de representações numéricas e representações abstratas da magnitude numérica, posteriormente generalizada (Moeller et al., 2012; Moeller et al., 2011; Luca e Pesenti, 2010).

Também a integração das informações visuais e a sua compreensão, acompanham e permitem novas aquisições, possibilitando a perceção, identificação, distinção e representação de processos, acontecimentos e relações causais. Permite-se, assim, uma

independente interpretação simbólica, também ela precursora da aprendizagem (Cruz, 2009; Dias, 2008; Fonseca, 2005). É importante realçar que é a linguagem visual e simbólica que antecede a linguagem verbal, pelo que é extremamente importante que seja integrada de uma forma funcional, através da ação com significado (Cruz, 2009).

Por outro lado, toda esta experiência, assim como os processos de análise e planeamento que a acompanham, estão dependentes da sua compreensão temporal, para que eles sejam padronizados e lhes seja atribuído significado e causalidade (Thaut, Trimarchi, Parsons, 2014; Sanders, 2012). Existe, também, uma analogia entre as estruturas e padrões visuais e temporais ou rítmicos, sendo que são semelhantes os processos cognitivos necessários à sua compreensão e à compreensão de normas e procedimentos matemáticos (Luiz, 2007; Fauvel, Flood e Wilson, 2006; Miendlarzewska e Trost, 2014).

Quando abordado o conceito de FE, que inclui a memória de trabalho, inibição, flexibilidade cognitiva, planeamento e processamento de informação (Beck, Schaefer, Pang, e Carlson, 2011), compreendeu-se a sua influência em inúmeros processos complexos de análise e realização, indispensáveis na performance matemática. Existem vários estudos que comprovam a sua relação, principalmente quando associados à perceção visual ou memória de trabalho visual (Bull, Espy, Wiebe, 2013; Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore, 2017; Peng et. al, 2016). As FE são um instrumento necessário na disponibilização para a aprendizagem, sendo que sem elas não poderíamos monitorizar e manipular a informação, suprimir estímulos distráteis ou respostas indesejadas ou planear, processar e resolver problemas (Verdine, Irwin, C., Golinkoff, R., Pasek, 2014; Blair, 2010; Beck, Schaefer, Pang, e Carlson, 2011).

Por fim, porque as aprendizagens advêm de uma interação constante entre o psiquismo e a motricidade, dependente de funções cerebrais e processamento de informação (Fonseca, 2009) e porque do processamento de informação visual e auditiva depende as CM, considerámos o processamento de informação, um processo cognitivo fundamental para todas as aprendizagens (Fonseca, 2010). Este é interpretado na sua vertente sequencial (através de fases sucessivas, em que cada uma providencia informação para que seja possível o processamento da seguinte) e simultânea (estímulos apresentados e interpretados simultaneamente, para compor uma compreensão mais global) (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2013).

Definidas as relações entre estes cinco elementos e as CM, compreende-se também a precocidade com que se pode intervir na formação de conceitos íntegros e adequados. Para isto, a intervenção deve ser realizada com incidência na ação e seu

significado, com especial ênfase no contexto, na ação e na motricidade (Cruz, 2014; Raghubar, Barnes e Hetch, 2010; Harris e Petersen, 2017; Kim e Cameron, 2016; Menon, 2010).

Para promover, de forma preventiva, educativa ou reabilitativa, competências como a NC, a CVE, a ET, a memória e processos de inibição e atenção, a psicomotricidade é a área de intervenção que mais se adequa, sendo que estuda e investiga, transdisciplinarmente, conexões e efeitos bidirecionais e sistêmicos entre a psique e a motricidade, com a finalidade de maximizar e otimizar a adaptabilidade psicomotora do indivíduo (Fonseca, 2010).

Referências Bibliográficas

- Atkinson, J., Nardini, M. (2008). Visuospatial and visuomotor development. In JReed, e JW Rogers, *Child Neuropsychology: Concepts, Theory and Practice* (183-217). Visual Development Unit: University College London and University of Oxford.
- Barahona, J., Giménez, S., Garcia, M., Micó, M., Torres, J., Serrano, C., Martin, A. (2009). El desarrollo de la competencia matemática através de la Educación Física: del curriculum al aula. *Efdeportes*, 13(129).
- Bamberger, J., Disessa, A. (2013). Music as embodied mathematics: a study of a mutually informing affinity. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 8, 123-160. doi: 10.1023/B:IJCO.0000003872.84260.96
- Barnes, M. A., Raghubar, K. P. (2014). Mathematics development and difficulties: The role of visual-spatial perception and other cognitive skills. *Pediatric Blood Cancer*, 61, 1729-1733. doi: 10.1002/pbc.24909
- Beck D., Schaefer C., Pang K., Carlson S. (2011). Executive function in preschool children: Test–retest reliability. *Journal of Cognition and Development*, 12(2), 169–193. doi:10.1080/15248372.2011.563485.
- Blair C. (2010). Stress and the development of self-regulation in context. *Child Development Perspectives*, 4(3), 181–188. doi:10.1111/j.1750-8606.2010.00145.x.
- Bull, R; Davidson, W; Nordmann, E. (2010). Prenatal testosterone, visual-spatial memory and numerical skills in young children. *Learning and Individual Differences*. Vol 20. pp. 246-250. doi: 10.1016/j.lindif.2009.12.002
- Bull, R., Espy K., Wiebe, S. (2013). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312.
- Bull, R., e Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36–41. doi:10.1111/cdep.12059.
- Bull, R., Scerif, G. (2010). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. doi: http://dx.doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3.
- Buzsáki, G. (2006). Rhythms of the brain. *Oxford: Oxford University Press, Inc.*

- Bynner, J. (2012). Policy reflections guided by longitudinal study, youth training, social exclusion, and more recently Neet. *British Journal of Educational Studies*, 60, 39–52. doi: 10.1080/00071005.2011.650943
- Cardinali, L., Brozzoli, C., Farnè, A. (2009). Peropersonal Space and body schema: Two labels for the same concept? *Brain Topogr*, 21, 252-260. doi: 10.1007/s10548-009-0092-7
- Carey, S., Zaitchik, D., Bascandziev, I. (2015). Theories of development: In dialog with Jean Piaget. *Developmental review*. doi: 10.1016/j.dr.2015.07.003.
- Clark C., Pritchard V., Woodward LJ. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176–1191. doi:10.1037/a0019672.
- Clements D., Sarama J. (2011). Early childhood teacher education: The case of geometry. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 14(2), 133–148. doi:10.1007/s10857-011-9173-0.
- Cragg, L., e Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63–68. doi:10.1016/j.tine.2013.12.001
- Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H., Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, 162, 12-26. doi: 10.1016/j.cognition.2017.01.014
- Crocker, N., Riley, E., Mattson, S.N. (2015). Visual-spatial abilities relate to mathematics achievement in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Neuropsychology*, 29(1), 108-116. doi: 10.1037/neu0000094
- Cruz, V., Caldeira, V. (2010). Reeducação cognitiva em crianças com insucesso escolar: efeitos do pass reading enhancement program. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 169-177.
- Cruz, Vítor (2014). Desenvolvimento cognitivo na aprendizagem da matemática. *Análise psicológica*, 32(1). doi: 10.14417/ap.839.
- Direção-Geral da Educação (2017). *Bases de Dados das Provas Finais e Exames Finais Nacionais*. Retirado em 23 de Maio 2018 de <http://www.dge.mec.pt/relatoriosestatisticas-0>

- Ehrlich, S. B., Levine, S. C., & Goldin-Meadow, S. (2013). The importance of gesture in children's spatial reasoning. *Developmental Psychology*, 42, 1259–1268. doi: 10.1037/0012-1649.42.6.1259
- Ellis, A., Ferreira, R., Cathles-Hagan, P., Holt, K., Jarvis, L., Barca, L. (2009). Word learning and the cerebral hemispheres: from serial to parallel processing of written words. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1536), 3675-3696. doi: 10.1098/rstb.2009.0187
- Fauvel J., Flood R., Wilson R. (2006). Music and Mathematics: From Pythagoras to Fractals. Oxford: Oxford University Press.
- Fernandes, C., Dantas, P., Carvalhal, M. (2014). Desempenho psicomotor em escolares com dificuldades de aprendizagem em cálculos. *Revista brasileira de estudos pedagógicos*, 95(239). doi: 10.1590/S2176-66812014000100007.
- Fonseca, V. (1982). *Introdução ao Estudo do Teste de Desenvolvimento da Percepção Visual*. Coleção Pesquisas n.º 3, Lisboa, C.I.E.E. I. A.A.C.F.
- Fonseca, V. (2005). *Desenvolvimento Psicomotor e Aprendizagem*. Lisboa: Âncora Editora.
- Fonseca, V. (2007a). Dificuldades de aprendizagem: na busca de alguns axiomas. *Revista psicopedagogia*, 24(74). ISSN: 0103-8486.
- Fonseca, V. (2007b). *Manual de Observação Psicomotora: Significação Psiconeurológica dos Fatores Psicomotores*. 3ª Edição. Lisboa. Âncora Editora.
- Fonseca, V. (2008, Novembro). Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem. *Congresso internacional “educación infantil y desarrollo de competencias”*, evento organizado pela Associação Mundial de Educadores Infantis, Madrid.
- Fonseca, V. (2009). Dislexia, cognição e aprendizagem: uma abordagem neuropsicológicas das dificuldades de aprendizagem da leitura. *Psicopedagogia*, 26(81). ISSN 2179-4057.
- Fonseca, V. (2010). Psicomotricidade: uma visão pessoal. *Construção psicopedagógica*, 18(17), 1415-6954.
- Fuchs, L., Geary, D., Fuchs, D., Compton, D., e Hamlett, C. (2014). Sources of individual differences in emerging competence with numeration understanding versus multidigit calculation skill. *Journal of Educational Psychology*, 106, 482–498. doi: 10.1037/a0034444

- Geary D., Hoard M., Nugent L., Byrd-Craven J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 277–299. doi:10.1080/87565640801982361.
- Geary, D. (2013). Early foundations of mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22, 23–27. doi: 10.1177/0963721412469398
- Geary, D. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4-15. doi: 10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. (1993). Mathematical disabilities: Cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345–362. PMID: 8416036
- Gilligan, K., Flouri, E., Farran, E. (2017). The contribution of spatial ability to mathematics achievement in middle childhood. *Journal of experimental child psychology*, 163, 107-125. doi: 10.1016/j.jecp.2017.04.016
- Gomes, H., Manrique, A. (2015). A musicalização como intervenção neurocognitiva de habilidades matemáticas. *Rencima*, 6 (1), 75-83.
- González, M. (2011). Psicomotricidad: Etapas en la elaboración del NC en educación infantil. *Pedagogia Magna*, 11, 360-365.
- Gunderson E., Ramirez G., Beilock S., Levine S. (2012). The relation between spatial skill and number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, 48(5), 1229–1241. doi:10.1037/a0027433.
- Harris, B., Petersen, D. (2017). Developing math Skills in early childhood. *Mathematica policy research*. Retirado em Dezembro de 2017 de <http://www.reachoutandreadwa.org/wp-content/uploads/2017/09/Developing-Math-Skills-Early-Childhood.pdf>
- Kang, M.S., Hong, S., Blake, R., Woodman, G. (2012). Visual working memory contaminates perception. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(5), 860-869. doi: 10.3758/s13423-011-0126-5
- Kim, H., Cameron, C. (2016). Implications of visuospatial skills and executive functions for learning mathematics: evidence from Children with autism and williams syndrome. *AERA open*, 2(4), 1-16. doi: 10.1177/2332858416675124.

- Klein, P.; Adi-Japha, E. (2010). Mathematical thinking of kindergarten boys and girls: similar achievement, different contributing processes. *Educational Studies in Mathematics*. Vol 73. pp. 233-246. doi: 10.1007/s10649-009-9216-y
- Krajewski, K., e Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 516–531. doi: 10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Kyttala, M., Lehto, J. (2008). Some factors underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European journal of psychology of Education*, 23(1), 77-94. doi: 10.1007/BF03173141
- Lassus-Sangosse, D., N'guyen-Morel, M. A., Valdois, S. (2008). Sequential or simultaneous visual processing deficit in developmental dyslexia? *Vision Research* 48(8), 979-988. doi: 10.1016/j.visres.2008.01.025.
- LeFevre, J., Fast, L., Skwarchuk, S., Smith-Chant, B., Bisanz, J., Kamawar, D., Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81, 1753–1767. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01508.x
- Libertus, M. E., Feigenson, L., Halberda, J. (2013). Numerical approximation abilities correlate with and predict informal but not formal mathematics abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116, 829-838. doi: 10.1016/j.jecp.2013.08.003
- Luca, D., Pesenti, M. (2010). Absence of low-level visual difference between canonical and noncanonical finger-numeral configurations. *Experimental Psychology*, 57(3), 202-7. doi: 10.1027/1618-3169/a000025.
- Luria, A. R. (1974). *El Cerebro en Acción*. Barcelona: Fontanella.
- Luiz, S. C. (2008). The learning of music as a means to improve mathematical skills. In Proceedings of the International Symposium on Performance Science 2007, *European Association of Conservatoires (AEC)*, Utrecht, The Netherlands. ISBN 9789090224848.
- Machacón, L., Beltrán, Y., Claros, J. (2013). Correlación entre perfil psicomotor y rendimiento lógico-matemático en niños de 4 a 8 años. *Revista Ciencias de la Salud*, 11 (2): 185-194. ISSN 2145-4507.
- Marcelli, D., Cohen, D. (8th ed.). 2010. *Infância e psicopatologia*. Porto alegre: Artmed.

- Martins, R. (2015). O corpo como primeiro espaço de comunicação: O diálogo tônico-emocional no nascimento da vida psíquica. *PsiLogos*, 13(1), 34-43. doi: 10.25752/psi.7646
- Mazzocco, M., Feigenson, L., e Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child Development*, 82, 1224–1237. doi: 10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x
- Menon, V. (2010). Developmental cognitive neuroscience of arithmetic: Implications for learning and education. *ZDM*, 42(6), 515–525. doi:10.1007/s11858-010-0242-0.
- Mertoglu, E. (2010). A study on the relationship between the rhythm and mathematics Skills of 5-6 year old Children. *Gifted Education International*, 26(1), 26-34. doi: 10.1177/026142941002600105
- Meyer, M., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory componentes to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning Individual Differences*, 20(2), 101-109. doi: 10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Miendlarzewska, E., Trost, W. (2014). How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in neuroscience*, 7(279), 1-18. doi: 10.3389/fnins.2013.00279
- Moeller, K., Martignon, L., Wessolowski, S., Engel, J., Nuerk, H. (2011). Effects of finger counting on numerical development – the opposing views of neurocognition and mathematics education. *Frontiers in Psychology*, 2(1), 328. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00328
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., Nuerk, H. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Processing*, 13(1), 271-274. doi: 10.1007/s10339-012-0457-9
- Neto, F., Amaro, K., Prestes, D., Arab, C. (2011). O esquema corporal de crianças com dificuldade de aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, 15 (1), 15-22.
- Nes, F., Lange, J. (2007). Mathematics Education and Neurosciences: Relating spacial structures to the development of spatial sense and number sense. *The mathematics enthusiast*, 4(2), 210-229.
- Ogawa, K., Nagai, C., & Inui, T. (2010). Brain mechanisms of visuomotor transformation based on deficits in tracing and copying. *Japanese Psychological Research*, 52(2), 91–106. doi:10.1111/j.1468-5884.2010.00427.x

- Papst, J., Marques, I. (2010). Avaliação do desenvolvimento motor de crianças com dificuldades de aprendizagem. *Revista Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 12(1), 36-42. ISSN 1980-0037
- Pan, Y., Cheng, Q., Luo, Q. (2012). Working memory can enhance unconscious visual perception. *Psychonomic Bulletin and review*, 19(3), 477-482. doi: 10.3758/s13423-012-0219-9
- Pasqualini, J., Eidt, N. M. (2016). Periodização do desenvolvimento infantil e ações educativas. *Proposta pedagógica para a Educação Infantil do Sistema Municipal de Ensino de Bauru*, 1(1), 101-148. São Paulo: Bauru.
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C. Altoe, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229-250. doi: 10.1080/87565640801982320
- Peng, P., Namkung, J., Fuchs, D., Fuchs, L., Patton, S., Yen, L., Compton, D., Zhang, W., Miller, A., Hamlett, C. (2016). A longitudinal study on predictors of early calculation development among children at risk for learning difficulties. *Journal of experimental child psychology*, 152, 221-241. doi: 10.1016/j.jecp.2016.07.017
- Perancho, S. (2014). Influencia de la motricidade en la competencia matemática básica en niños de 3 y 4 años. *Educación Matemática en la Infancia*, 3(1), 49-73. ISSN: 2254-8351
- Pieters, S., Desoete, A., Roeyers, H., Vanderswalmen, R., Waelvelde, H. (2012). Behind mathematical learning disabilities: what about visual perception and motor Skills? *Learning and individual differences*, 22, 48-504. doi: 10.1016/j.lindif.2012.03.014
- Pisella, L. (2017). Visual perception is dependent on visuospatial working memory and thus on the posterior parietal cortex. *Annals of Physical and Rehabilitation medicine*, 60(3), 141-147. doi: 10.1016/j.rehab.2016.01.002
- PORDATA. (2017). *Avaliação dos alunos do ensino não superior*. Retirado a 18 de Março de 2018 de <https://www.pordata.pt/Subtema/Portugal/Avalia%C3%A7%C3%A3o+dos+Alunos+do+Ensino+N%C3%A3o+Superior-273>
- Raghubar, K., Barnes, M., Hecht, S. (2010). Working memory and mathematics: a review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and individual differences*, 20(2), 110-122. doi: 10.1016/j.lindif.2009.10.005

- Reynolds, C., Vannest, K., Fletcher-Janzen, E. (2014). *Encyclopedia of Special Education: A Reference for the Education of Children, Adolescents, and Adults Disabilities and Other Exceptional Individuals*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Ritchie, S., Bates, T. (2017). Enduring links from childhood mathematics and Reading achievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science*, 24(7), 1301-1308. doi: 10.1177/0956797612466268
- Sanders, E. (2012). Investigating the relationship between musical training and mathematical thinking in children. *Procedia – Social and behavioral Sciences*, 55, 1134-1143. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.607.
- Santos-Luiz, C. (2008). The learning of music as a means to improve mathematical skills. *International symposium on performance science*, 8, 135-140. doi: 10.13140/2.1.1293.1849
- Schwenk, C., Sasanguie, D., Kuhn, J., Kempe, S., Doebler, P., Holling, H. (2017). (Non-) symbolic magnitude processing in children with mathematical difficulties: a meta-analysis. *Research in developmental disabilities*, 64(2017), 152-167. doi: 10.1016/j.ridd.2017.03.003
- Siegler, R., Duncan, G., Davis-Kean, P., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., Chen, M. (2012). Early predictors of high school mathematics achievement. *Psychological Science*, 23, 691–697. doi: 10.1177/0956797612440101
- Spelke, E.S. (2008). Effects of music instruction on developing cognitive systems at the foundations of mathematics and science. *Learning Arts and the Brain: The Dana Consortium Reports on Arts and Cognition*, 17-49.
- Tamè, L., Dransfield, E., Quettier, T., Longo, M. (2017). Finger posture modulates structural body representations. *Scientific Reports*, 7: 43019. doi: 10.1038/srep43019.
- Téllez, A., Sánchez, J. (2016). Luria's model of the functional units of the brain and the neuropsychology of dreaming. *Psychology in Russia: State of the art*, 9(4). ISSN 2074-6857.
- Thaut, M., Trimarchi, P., Parsons, L. (2014). Human brain basis of musical rhythm perception: common and distinct neural substrates for meter, tempo and pattern. *Brain Sciences*, 4(2), 428-452. doi: 10.3390/brainsci4020428
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., e Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. doi:10.1037/a0028446

- Van der Ven, S., Van der Maas, H., Straatemeier, M., Jansen, B. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and individual differences*, 27, 182-192. doi: 10.1016/j.lindif.2013.09.003
- Verdine, B., Irwin, C., Golinkoff, R., Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial Skills to preschool mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 126, 37-51. doi:10.1016/j.jecp.2014.02.012
- Xisto, P., Benetti, L. (2012). A psicomotricidade: uma ferramenta de ajuda aos professores na aprendizagem escolar. *Educação, interdisciplinaridade e transversalidade*, 8(8), 1824-1836. doi: 10.5902/223613086190
- Wai J., Lubinski D., Benbow C. (2009) Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817–835. doi:10.1037/a0016127.
- Webb RM., Lubinski D., Benbow C. (2007). Spatial ability: A neglected dimension in talent searches for intellectually precocious youth. *Journal of Educational Psychology*, 99(2):397–420. doi: 10.1037/0022-0663.99.2.397.
- Welsh, J., Nix, R., Blair, C., Bierman, K., e Nelson, K. (2010). The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low-income families. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 43–53. doi:10.1037/ a0016738.
- Zelazo, P. D. (2015). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, complexity, and the developing brain. *Developmental review*, 38(2015), 55-68. doi: 10.1016/j.dr.2015.07.001
- Zheng, X., Swanson, H. L., Marcoulides, G. A. (2011), Working memory componentes as predictors of children's mathematical word problema solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(4), 481-498. doi: 10.1016/j.jecp.2011.06.001

Artigo 2: A relação de alguns requisitos psicomotores e cognitivos na aprendizagem da matemática: um estudo correlacional.

Resumo

As competências matemáticas, na sua vertente formal e informal, são influenciadas por pré-requisitos psicomotores e cognitivos. De uma perspectiva holística e desenvolvimental, através de um estudo experimental correlacional, é avaliada a influência da noção do corpo, competências visuoespaciais, estruturação temporal, funções executivas e processamento simultâneo e sequencial da informação. Após uma breve introdução ao estudo são apresentados os parâmetros da investigação, na qual 30 participantes com idades compreendidas entre os 7 e os 8 anos sem dificuldades de aprendizagem foram avaliados relativamente às competências matemáticas e fatores influentes. Os resultados mostram correlações significativas entre as competências matemáticas e todos os fatores considerados, confirmando a hipótese de que esta competência é significativamente influenciada por requisitos psicomotores e cognitivos. Conclui-se acerca da importância da promoção dos elementos influentes de forma precoce através da experiência e ação no envolvimento.

Palavras-chave: Matemática, Linguagem Quantitativa, Desenvolvimento Psicomotor, Competências Visuoespaciais, Noção do corpo, Estruturação Temporal, Funções Executivas, Processamento Simultâneo, Processamento Sequencial.

Article 2: The relationship between some psychomotor and cognitive requirements and learning mathematics: A correlational study

Abstract

Mathematical learning, in its formal and informal aspects, is influenced by psychomotor and cognitive prerequisites. From a holistic and developmental perspective, through an experimental correlational study, the influence of the body awareness, visuospatial competences, rhythmic structure, executive functions and simultaneous and sequential information processing are evaluated. After a brief introduction to the study are presented the parameters of the investigation, in which 30 participants aged 7 to 8 years without learning difficulties were evaluated relative to mathematical competences and influencing factors. The results show significant correlations between mathematical competences and all factors considered, confirming the hypothesis that this competence is significantly influenced by psychomotor and cognitive requirements. We conclude about the importance of promoting influential elements early through experience and action in engagement.

Keywords: Mathematics, Quantitative Language, Psychomotor Development, Visuo-Spatial Perception, Body Awareness, Rhythmic Structuring, Executive Functions, Simultaneous Processing, Sequential Processing.

Introdução

O desenvolvimento e integração do indivíduo, assim como a sua qualidade de vida e bem-estar, são indiretamente influenciados pelo desenvolvimento de competências matemáticas (CM) (Geary, 2013; Bynner, 2012; Schwenk et al., 2017; Ritchie e Bates, 2017). Com este estudo pretendemos identificar alguns dos seus fatores influentes, através de uma investigação correlacional que relaciona as CM com a noção do corpo (NC), as competências visuoespaciais (CVE), a estruturação temporal (ET), as funções executivas (FE), o processamento simultâneo (PSI) e o processamento sequencial (PSE). A investigação resulta de um estudo experimental, no qual a recolha de dados foi realizada após avaliação de todas as competências consideradas, *à priori*, influentes das CM. A amostra foi constituída por 30 indivíduos de ambos os géneros, com idades compreendidas entre os 7 e os 8 anos de idade, sem dificuldades de aprendizagem, perturbações do desenvolvimento, cognitivas, físicas ou emocionais.

A correspondência e noção numérica, a realização de operações numéricas e a interpretação e utilização de símbolos e formas de raciocínio matemático são realizadas através das CM, que permitem a produção e interpretação de informação quantitativa, assim como a resolução de problemas do quotidiano (Barahona et. al, 2009).

Regendo-se por símbolos numéricos, em alternativa a letras e palavras, a matemática é um sistema linguístico que, tal como a linguagem interior, auditiva ou visual, surge através da ação e motricidade, automatizando-se posteriormente para precipitar, regular e organizar sistematicamente, independentemente do contexto (Cruz, 2014).

Quando iniciam o seu percurso escolar, as crianças já detêm alguns conhecimentos matemáticos, aprendidos e mediatizados pela experiência, corpo e ação - *matemática informal*, que engloba a leitura de números, a compreensão do sistema numérico e de valor associado e a memorização e recuperação de factos de adição, subtração e multiplicação. Esta fundamentará as aprendizagens posteriores - *matemática formal*, aprendida formalmente em contexto educativo, incluindo competências de numeração e contagem, comparação de quantidades e utilização de ajudas visuais (Libertus, Feigenson e Halberda, 2013). Uma aprendizagem insuficiente de conteúdos aprendidos informalmente poderá prejudicar a compreensão e assimilação de aprendizagens formais, causando dificuldades de aprendizagem (Perancho, 2014).

Para desenvolver o modelo teórico em estudo, considera-se uma relação bidirecional entre o psiquismo e a motricidade, que constitui um sistema dinâmico de integração e dinamização da aprendizagem. As estruturas cognitivas são organizadas através da experiência com significado, mediatizada pelo corpo e motricidade, sendo esta

organização cognitiva que, posteriormente, permite planejar, regular e sustentar a motricidade (Fonseca, 2008).

Isto significa que a linguagem conceptual ou quantitativa utilizada na matemática assenta em processos cognitivos preexistentes, sendo interiorizada pela ação, e que para que aquisição de CM seja ótima, a interação com o contexto, a ação e a experiência com significado devem ser explorados, sendo o corpo e a motricidade instrumentos essenciais nesta exploração (Cruz, 2014; Raghubar, Barnes e Hetch. 2010; Harris e Petersen, 2017; Kim e Cameron, 2016 e Menon, 2010).

Tipicamente, entre os 7 e os 8 anos, a criança já consolidou a capacidade de representação, linguagem e associação, ao mesmo tempo que adquire intencionalidade e consciencialização na aprendizagem (Carey, Zaitchik e Bascandziev, 2015). Assim sendo, para estes autores, esta é uma idade em que, pela primeira vez, a competência para aprender de forma consciente se conjuga com a capacidade de representar e associar as experiências e a ação a novos conceitos.

Competências psicomotoras mal consolidadas ou inconsistentes estão relacionadas com uma linguagem corporal mal adquirida (Fonseca e Oliveira, 2009) e dificuldades na integração de experiências espaciais e motoras significam maior probabilidade de ocorrência de DA (Fernandes, Dantas e Carvalhal, 2014), visto que se refletem em capacidades essenciais à aprendizagem, como a atenção, o processamento e planeamento cognitivo (Fonseca e Oliveira, 2009).

O domínio do corpo é o primeiro requisito para o domínio do comportamento (González, 2011) e são as competências simbólicas e representativas, assim como as conceptualizações desenvolvidas através da ação do corpo no envolvimento, que constituem o pré-requisito de conceitos básicos como o de quantidade, contagem, formas, relações espaciais, medidas, padrões e comparações (Harris e Petersen, 2017).

A competência para agir no espaço e para manusear ou evitar objetos em função de objetivos comportamentais exige que o indivíduo represente neuralmente, de forma íntegra, o seu corpo e os movimentos que ele compreende (Cardinali, Brozzoli, Farnè, 2009). Qualquer disfunção ou dificuldade nesta representação irá deteriorar a qualidade da experiência e ação sobre o envolvimento e a respetiva aprendizagem que dela resulta.

A NC é a competência que suporta a receção, análise e armazenamento das informações corporais e táteis, sucedendo-se uma consciencialização somatotópica organizada, com uma relação indissociável com o potencial de aprendizagem (Fonseca, 2010). Pode também ser definida como a representação corporal, dos seus segmentos, estruturação, possibilidades e limitações motoras (González, 2011). Assim, o corpo torna-

se o primeiro constituinte do controlo do comportamento, sendo através de comportamentos motores e perceptivo-motores que são adquiridas as primeiras habilidades cognitivas (González, 2011).

A forma como o individuo interage com o corpo e é capaz de o utilizar na exploração do envolvimento, influencia as aquisições que são realizadas ao longo da vida (Moeller, Martignon, Wessolowski, Engel, Nuerk, 2011). Autores como Tamè, Dransfield, Quettier, Longo (2017), Fernandes, Dantas e Carvalhal (2014), Luca e Pesenti (2010) e Moeller et al. (2011) comprovaram a influência desta interação nas aquisições matemáticas, tornando-se relevante ter em consideração a sua avaliação, para uma posterior averiguação acerca da relação, ou sua ausência, entre as duas aptidões.

A estruturação e orientação no espaço e tempo são desenvolvidas através da NC, sendo ela o referencial para a assimilação e generalização destes conceitos, partindo daqui as estratégias de pensamento baseadas na experiência (Xisto e Benetti, 2012). O corpo em ação e respetiva representação enquadra, espacial e temporalmente, as representações posteriores, sendo seu referencial (Fonseca, 2010).

Em estudos de Neto, Amaro, Prestes e Arab (2011) e Papst e Marques (2010), verificou-se que crianças com dificuldades de aprendizagem não específicas apresentavam uma idade motora e quociente motor do esquema corporal abaixo do expectável para a sua faixa etária. Também Fernandes, Dantas e Carvalhal (2014) realizaram um estudo descritivo e transversal, com 37 participantes com idades compreendidas entre os 7 e os 12 anos com DA em cálculo. Analisaram, entre outros, a NC através da imitação de gestos e identificaram-na como área fraca na amostra estimada, considerando que esta interligação influencia a realização de tarefas algorítmicas, sequencialização ou reconhecimento de padrões, através da interferência na memória de trabalho.

Nesta investigação foi considerada não só a NC, mas também a NC distal, pela sua importância na aquisição de representações numéricas (Moeller et al., 2012; Moeller et al., 2011) e da representação abstrata da magnitude numérica (Luca e Pesenti, 2010). A contagem pelos dedos facilita um *input* multissensorial que permite que aspetos ordinais e cardinais sejam transportados para a construção da noção numérica (Moeller et al., 2011). Posteriormente, esta integração multissensorial será transformada numa simulação *offline* do programa motor já aprendido (Moeller et al., 2012).

Como já referido, a compreensão do corpo e sua representação, surge a sua associação ao espaço e seus elementos, dando lugar à identificação do corpo no envolvimento e planificação de movimentos e ações utilizando referenciais externos

(Fonseca, 2010). Através do corpo estimamos o movimento necessário para a exploração do espaço e através da exploração possibilitada pelo movimento estimamos a distância que, no espaço, é requerida para alcançar um objetivo. É assim transformado o conhecimento corporal em conhecimento espacial, intuitivamente numa primeira fase, e lógica e conceptualmente posteriormente (Fonseca, 2010). A experiência que dá lugar a representações, linguagem simbólica, noções de número e quantidade, espaço e distância depende então do desenvolvimento de CVE (Kim e Cameron, 2016).

Também no desempenho matemático são utilizadas CVE (Barnes e Raghubar, 2014) que permitem identificar, distinguir, interpretar, organizar e representar sensorialmente os elementos físicos (Cruz, 2009). É através das CVE que as representações visuais são construídas e manipuladas, modelos visuais são reproduzidos, elementos visuais são sintetizados formando um todo e o espaço e seus componentes são percebidos e compreendidos (Kim e Cameron, 2016). Então, em tarefas matemáticas, tanto para a recolha de informação visual do problema, como para a compreensão e esquematização de informação, resolução mental, recuperação visual de situações anteriores (Barnes e Raghubar, 2014), realização de cálculo e estimação aproximados, representação de magnitudes e situações não-verbais (Kim e Cameron, 2016) as CVE são utilizadas.

Em fases iniciais da aprendizagem da aritmética as crianças utilizam a representação visual para armazenar e recuperar informação necessária para a resolução de problemas (Bull, Davidson e Nordmann, 2010), sendo a criação de retas numéricas ou recuperação de experiências vividas exemplos de estratégias visuais utilizadas frequentemente (Barnes e Raghubar, 2014). Perante dificuldades visuoespaciais, as componentes visuais, experiências anteriores e respetiva recuperação ou representação não serão realizadas de forma íntegra, sendo que a aplicação de conhecimentos e conceitos matemáticos precoces será afetada (Gilligan, Flouri, Farran, 2017). Pretendemos então assumir a existência ou ausência de correlação entre CM, analisadas na sua vertente formal e informal, com as CVE.

Avaliámos cinco elementos constituintes das CVE, segundo os quais a avaliação da competência será realizada: constância da forma, que envolve o reconhecimento de características globais inalteráveis; figura-fundo, que é o reconhecimento de figuras num fundo distrátil e que depende de segregação visual e análise percetiva; posição no espaço, que nos permite compreender a posição de um objeto no espaço; relação espacial, que se refere à capacidade para compreender as relações espaciais entre dois objetos; e a

coordenação visuo-motora, que coordena a visão com a motricidade (Fonseca, 1982; 2005).

No estudo de Verdine, Irwin, Golinkoff e Pasek (2014), uma regressão estatística hierárquica indicou que as CVE e as FE, em conjunto, predizem 70% da variabilidade na performance matemática. Por outro lado, Gilligan, Flouri e Farran (2017) realizaram uma investigação correlacional com 12 009 indivíduos, entre os cinco e os sete anos de idade, que revelou que as CVE explicam significativamente apenas 8,8% da variabilidade no desempenho matemático aos 7 anos quando realizado ajustamento para as competências linguísticas e 22,6% quando o ajustamento não é aplicado (Gilligan, Flouri, Farran, 2017). Também Bull, Davidson e Nordmann (2010) e Klein e Adi-Japha (2010) correlacionaram as CVE e as CM, demonstrando que existe uma correlação positiva

A percepção visual influencia e é influenciada pela memória de trabalho visual (MTV) (Kang, Hong, Blake e Woodman, 2012; Pisella, 2017; Pan, Cheng e Luo, 2012), que consiste no processamento e memorização temporária de uma quantidade restrita de dados visuais (Van der Ven, Van der Maas, Straatemeier, Jansen, 2013). Foram encontradas relações significativas entre a MTV e alguns domínios das CM em estudos como os de Van der Ven, Van der Maas e Straatemeier e Jansen (2013) e Kytala e Lehto (2008) e Bull, Espy e Wiebe (2013) destacando-se inversão numérica, dificuldades em alinhar colunas de dígitos, atenção visual e monitorização insuficientes, desconsideração de sinais ou dificuldades na organização aritmética (Bull, Espy e Wiebe, 2013).

Com a percepção e interpretação do espaço surge a sua integração através da ET, que envolve a compreensão de sequências de acontecimentos e respetiva relação temporal, essencial no estabelecer de relações e na compreensão de processos de informação sensoriais, simbólicos e cognitivos (Fonseca, 2010).

Este é mais um elemento a considerar no modelo teórico, tratando-se da competência que permite gerar e captar periodicidade, essencial para a ação e cognição, uma vez que dá significado à experiência, atribuindo-lhe o sentido de causalidade e de antes, agora e depois (Buzsáki, 2006). Aqui surge a análise temporal da informação, incondicionalmente associada a conceitos de irreversibilidade, periodicidade, relação e sucessão, presentes também nas CM (Luiz, 2008).

A interpretação e organização cognitiva dos estímulos ocorre também através da sua associação a padrões ou estruturas (Sanders, 2012). Um padrão é uma regularidade entre elementos, sendo a relação entre os elementos considerada a sua estrutura (Nes e Lange, 2007). Tal como as operações aritméticas, a trigonometria e a geometria (Fauvel, Flood e Wilson, 2006), um ritmo pode ser constituído por linhas, pontos e curvas, sendo

uma construção padronizada e estruturada, que pode ser encarada como uma estrutura espacial, executada e interpretada temporal e ritmicamente (Sanders, 2012). A reversibilidade, os padrões, as estruturas, a proporcionalidade, o dinamismo, a memória auditiva, a atenção e a competência associativa são elementos comuns às CM e à ET, exigindo, ambas, a conjunção funcional de ações e controlos cerebrais hierárquicos (Miendlarzewska e Trost, 2014).

O ritmo é a unidade de medida musical, gerado unicamente pela conexão entre elementos constituintes da música em si (Bamberger e Disessa, 2013). Assim, tal como na matemática, a ET depende da memória de trabalho porque, para que os elementos rítmicos sejam relacionados entre si, é necessário que um primeiro estímulo se mantenha ativo para que os componentes que se seguem sejam interpretados em conformidade com a sequência captada anteriormente (Miendlarzewska e Trost, 2014).

Relacionando as CM com a ET, num estudo com 60 indivíduos de ambos os géneros, Mertoglu (2010) confirmou que crianças entre os cinco e seis anos com competências rítmicas superiores revelavam CM mais desenvolvidas, confirmando a existência de uma relação direta entre as duas competências.

Também Sanders (2012) estudou a relação entre o treino rítmico e o pensamento matemático, através de uma investigação que abrangeu 200 crianças, entre os 7 e 8 anos de idade, confirmando a relação entre as duas variáveis, que explica afirmando que a prática musical (que revela ação através do tempo) promove a qualidade do raciocínio criativo, espacial e matemático.

No estudo de Spelke (2008), o treino musical moderado e intensivo promoveu o desempenho em tarefas espaciais e geométricas, ao mesmo tempo que ficou comprovado que as características temporais e sua compreensão estão associadas a noções espaciais e respetiva interpretação.

Se por um lado a motricidade e a ação intencional são imprescindíveis para um desenvolvimento íntegro, por outro lado existem competências cognitivas que constituem o pré-requisito para uma realização harmoniosa e competente e para a respetiva assimilação e aprendizagem.

As FE são competências cognitivas superiores que, neste estudo, são avaliadas através da memória de trabalho, planeamento e processamento de informação (simultâneo e sequencial) considerados seus constituintes (Cragg e Gilmore, 2014). As FE permitem planear, processar e resolver problemas, sendo constituídas por subcompetências como a inibição, flexibilidade cognitiva, memória de trabalho, planeamento, assimilação e acomodação, essenciais para o desenvolvimento de CM (Verdine, Irwin, Golinkoff, Pasek,

2014; Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore, 2017; Kim e Cameron, 2016; Uttal et al., 2013).

As FE incluem competências como monotorização e manipulação de informação, supressão de estímulos distráteis e inibição e flexibilidade cognitiva e fazem parte do conjunto de processos cognitivos de domínio geral associadas às CM (Welsh, Nix, Blair, Bierman, e Nelson, 2010), sendo classificadas por alguns teóricos preditoras do desempenho matemático (e.g. Kim e Cameron, 2016; Verdine, Irwin, Golinkoff, e Hirsh-Pasek, 2014; Bull e Lee, 2014; Cragg e Gilmore, 2014; Uttal et al., 2013).

Tendo em conta que a atenção e a memória visual constituem o leque de subcompetências das FE (Crocker, Riley e Mattson, 2015; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, e Menon, 2010; Rotzer et al., 2009; Zheng, Swanson, e Marcoulides, 2011; Passolunghi, Mammarella, e Altoe, 2008), coloca-se a hipótese de que as CM sejam construídas sob estes sistemas cognitivos gerais (Crocker, Riley e Mattson, 2015).

Num estudo de Bull, Espy e Wiebe (2013), concluiu-se que crianças que obtêm avaliações superiores nas FE e na noção numérica, também obtêm avaliações superiores nas CM. Particularmente, considerou-se que em crianças de 7 anos de idade a memória visuo-espacial de curto prazo é um forte preditor do desempenho matemático e as FE são preditoras da competência para a aprendizagem em geral, em oposição à aprendizagem em um domínio específico (Bull, Espy e Wiebe, 2013).

Na investigação de Peng et. al (2016), cuja amostra compreende 176 crianças com DA não específicas as competências de cálculo foram associadas a fatores cognitivos de domínio geral e competências académicas específicas, comprovando-se que a variância no desempenho em tarefas de cálculo eram explicadas, de forma significativa, pela competência numérica, velocidade de processamento de informação e competências de descodificação, sendo as duas ultimas componentes constituintes das FE (Peng et. al, 2016).

Numa outra abordagem, o estudo de Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore (2017) provou que o conhecimento específico e fatural do domínio matemático (matemática formal) media parcialmente a relação entre as FE e as CM. Os autores também demonstraram que a memória de trabalho influencia indiretamente a aquisição de CM, através do conhecimento fatural, competências processuais e entendimento conceptual, assistindo na compreensão e representação de problemas. Assim, o sucesso na matemática é predito pelo conhecimento específico e fatural do domínio, competências processuais e entendimento conceptual, assim como as FE (Cragg, Keeble, Richardson, Roome e Gilmore, 2017).

Para tratar informação, seja ela matemática, corporal/proprioceptiva, visuoespacial ou temporal/rítmica utilizamos o processamento de informação (Fonseca, 2007) que, dependendo da forma como os dados são apresentados, poderá ser sequencial ou paralelo (Fonseca, 2008). Caso a informação seja apresentada através de sequências ou séries de elementos, a análise é realizada através de fases sucessivas e hierárquicas – PSE (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2014). Por outro lado, quando a informação é apresentada em conjunto, a análise parcial da informação pode ser realizada de forma independente da análise global, sendo possível analisar as partes ou o todo e devendo a atenção ser dividida e direcionada para diversos elementos – processamento paralelo (Reynolds, Vannest e Fletcher-Janzen, 2014). Apesar de ambas as competências se incluírem nas FE, elas também serão avaliadas individualmente, para que possam ser consideradas de forma independente.

O processamento de informação é um elemento cognitivo indispensável na aprendizagem, seja ela realizada informalmente, através da experiência e da ação ou formalmente, em contexto académico, visto que participa nos processos de integração, sintetização e armazenamento da informação sensorial e que permite a significação e compreensão de conteúdos (Fonseca, 2010).

A conexão entre o processamento de informação e a aprendizagem tem sido mencionada e estudada no âmbito das dislexias e leitura (Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois, 2008; Ellis, Ferreira, Cathles-Hagan, Holt, Jarvis e Barca, 2009). Apesar de não existir bibliografia recente acerca da conexão entre estes processos e a matemática, pelas razões descritas neste capítulo e porque a linguagem, apesar de quantitativa, é parte integrante das CM, achamos relevante discutir a existência desta ligação, confirmando-a ou não, através da sua avaliação e correlação.

Com o objetivo de reeducar processos cognitivos e aprendizagens académicas, Cruz e Caldeira (2010) desenvolveram um programa que consistiu na promoção do PSI, PSE, atenção e planificação, em 30 crianças do género masculino e feminino, com idade média de 6 anos e 9 meses, divididas em dois grupos de intervenção. Comprovaram a eficácia do programa na reeducação cognitiva e académica, demonstrando que a promoção do PSI e PSE, entre outros, tem efeitos positivos cognitiva e academicamente.

Estratégias como o *loop fonológico* e o *sketch pad* visual são específicas do processamento de informação linguística e visuoespacial, respetivamente, e encontram-se correlacionados com as CM em crianças de 10, 11 e 14 anos de idade (Bull, Espy e Wiebe, 2013).

No estudo de Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois (2008) concluiu-se que indivíduos com dificuldades na leitura manifestaram frequentemente dificuldades no PSE, mais precisamente na seleção e manutenção da atenção durante sequências rápidas de estímulos visuais e no processamento de longas sequências de dados recebidos auditivamente. Sendo que a matemática também depende do processamento de linguagem qualitativa, símbolos e números, poderá esta dificuldade transpor-se para as CM?

O PSE é requisitado quando é exigido que a criança direcione a sua atenção através de combinações numéricas ou simbólicas ou imagens complexas e, caso este se encontre prejudicado, o número de elementos que podem ser processados de forma íntegra é limitado (Ellis, Ferreira, Cathles-Hagan, Holt, Jarvis e Barca, 2009). Para Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel e Valdois (2008) existe um subgrupo de crianças disléxicas, cuja dificuldade não se deve a insuficiências fonológicas, mas sim a dificuldades de PSI e codificação e decodificação. Serão estas dificuldades transponíveis para a matemática?

Objetivo, problema e hipóteses do estudo

O objetivo geral do estudo é relacionar as características psicomotoras e perceptivas (NC, CVE e ET) e as cognitivas e de processamento de informação (FE e PSE e PSI), com as CM (formais e informais) de crianças de ambos os géneros, de 7 e 8 anos de idade, para que estas possam ser correlacionadas.

O estudo desenvolvido a partir da construção deste artigo coloca o seguinte problema: Existe uma correlação forte entre as CM e a NC, CVE, ET, FE, PSI e PSE? As correlações serão consideradas apenas entre as CM e o componente, independentemente da relação entre elementos.

Para isto serão consideradas as seguintes hipóteses:

Hipóteses

H₀1: A correlação entre as CM e a NC em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁1: existe correlação entre as CM e a NC em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀2: A correlação entre as CM e as CVE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁2: A correlação entre

as CM e as CVE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀₃: A correlação entre as CM e a ET em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁₃: A correlação entre as CM e a ET em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀₄: A correlação entre as CM e as FE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁₄: A correlação entre as CM e as FE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀₅: A correlação entre as CM e o PSE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁₅: A correlação entre as CM e o PSE em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8;

H₀₆: A correlação entre as CM e o PSI em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade não é significativamente diferente de 0,8 *versus* H₁₆: A correlação entre as CM e o PSI em alunos de ambos os géneros, com 7 e 8 anos de idade é significativamente diferente de 0,8.

Variáveis

Apresenta-se na tabela 1 as variáveis em estudo e respetivas designação.

Tabela 1 - Designação das variáveis em estudo

Variável	Designação
V ₁	Competências matemáticas
V ₂	Noção do corpo
V ₃	Competências visuoespaciais
V ₄	Estruturação temporal
V ₅	Funções executivas
V ₆	Processamento simultâneo
V ₇	Processamento sequencial

Modelo teórico

Tidas em conta as considerações de teóricos, referidas na secção anterior, foi formulado um modelo de estudo. Este será alvo de uma investigação estatística e correlacional, que investigará a relação entre as CM e os elementos considerados. Desta forma, na Fig. 1 encontra-se sintetizada a hipotética relação entre os componentes em causa e as CM.

Considerando sempre a complexidade do desenvolvimento humano e das inúmeras variáveis que influenciam competências complexas como a matemática, e.g. fatores pessoais, sociais, emocionais, escola, apoio da família (Fiel, Guerrero, Blanco, 2016), desenvolvemos, através da literatura consultada e apresentada nos artigos que compreendem o estudo desenvolvido, uma perspetiva integrada e multidimensional na qual, por meio de variáveis dinâmicas, se procura compreender a relação entre requisitos psicomotores e cognitivos nas CM (fig. 2).

Apesar de não abordarmos as correlações entre fatores influentes, devemos ter em conta a vertente holística que define o desenvolvimento dos mesmos e a constante interação entre competências no desenvolvimento humano, assim como a importância de conhecimentos já adquiridos, em processos de acomodação de novos conteúdos. Assim sendo, teoriza-se que as CM sejam influenciadas por cada um dos elementos, assim como pela relação entre os mesmos.

Figura 2 – Modelo teórico de fatores influentes na CM

V ₁ - Competências Matemáticas	Variável	Relação entre CM e variável
	V ₂	Preditor da noção espacial; generalização do espaço que o corpo ocupa; generalização da noção de direita-esquerda/cima-baixo; eixo central como preditor das noções de simetria em relação a elementos externos; NC distal como preditor da noção numérica.
	V ₃	Como mediador do raciocínio; indispensável para uma interpretação competente de informação; preditor da representação mental de figuras ou esquemas; rotação de figuras; posição no espaço; perceção partes todo e atenção visual.
	V ₄	Interpretação e organização cognitiva dos estímulos; competências relativas a mudanças de ritmo, variações, constantes e transformações como posteriores orientadores no raciocínio matemático ponderado e sequencial.

	V ₅	Planeamento; processamento; resolução de problemas; inibição; flexibilidade cognitiva; memória visual de trabalho; monitorização e manipulação de informação; atenção.
	V ₆	Visualização; noção espacial; rotação de figuras; analogias e dedução.
	V ₇	Análise, sequencialização, raciocínio lógico, indução, compreensão do problema.

Método

Procedimento

Depois de uma exaustiva leitura acerca das CM, seu desenvolvimento e potenciais fatores influentes da mesma, pudemos formular o problema em estudo, assim como o objetivo a ele associado.

Colocado o problema e definidos os elementos de investigação, foram determinados os instrumentos de avaliação mais adequados para estudar as competências em causa. Na seleção dos instrumentos de avaliação foi tida em atenção a duração da aplicação, que não deveria ser demasiado longa ou exigente, devido à idade das crianças a avaliar. Uma aplicação demasiado exigente poderia prejudicar os resultados, que seriam afetados pelo cansaço ou desmotivação da criança.

Uma vez determinada a dimensão da amostra, foi entregue um consentimento informado à escola e aos pais das crianças avaliadas. As crianças foram informalmente esclarecidas acerca do procedimento, assim como respetivo objetivo das atividades, que foram apresentadas e dinamizadas como jogos, sendo esta uma aplicação lúdica. A todos foi dada a oportunidade para sair da sala, interromper ou cancelar a avaliação, caso não se encontrassem confortáveis ou motivados para a mesma. A avaliação teve uma duração média de 1 hora e 45 minutos e foi dividida em duas sessões.

Uma vez recolhidos os resultados, os mesmos foram inseridos no IMB SPSS Statistics. A análise estatística que se seguiu encontra-se mais à frente descrita – subsecção análise estatística.

Participantes

Foram considerados 30 participantes de ambos os géneros. Todas as crianças são residentes do distrito de Lisboa.

Pelas implicações que qualquer uma destas condições tem no desenvolvimento das variáveis em estudo foram considerados como critérios de exclusão a presença de:

- Dificuldades motoras, intelectuais ou sensoriais;
- Dificuldades de atenção (com ou sem hiperactividade associada);
- Perturbação do espectro do autismo;
- Perturbações emocionais, da relação ou da comunicação;
- Dificuldades de aprendizagens específicas (DAE);
- Retenções ou adiamentos escolares.

Como critérios de seleção foram considerados:

- Frequentar do 2º ano de escolaridade;
- Idade compreendida entre os 7 e 8 anos e 11 meses de idade.

Pretendeu-se, assim, evitar componentes não controlados que influenciassem as variáveis em análise.

Análise estatística

Foram utilizados testes de avaliação de correlação, de acordo com a estatística do teste Z, apresentada em Zar (2010). Estes testes foram realizados a partir de correlações amostrais, obtidas através do IBM SPSS Statistics e realizados para um nível de significância de 5%. Pretendeu verificar-se que o valor da correlação (ρ) bilateral entre a V_1 e as restantes variáveis era forte (i.e. $0,7 < \rho < 0,9$), assumindo-se um valor de p em teste correspondente a 0,8.

Instrumentos de avaliação

Prova de estruturação rítmica de Mira Stamback, Mira Stamback (1951)

O objeto de estudo deste instrumento é a ET e é constituído por três provas: 1) *Tempo Espontâneo*, onde é solicitado que a criança realize batimentos com o lápis sobre a mesa regularmente, registando-se o tempo que demora até perfazer 21 batimentos (neste estudo não foi considerada esta prova, que depende de características individuais e temperamento); 2) *Reprodução de Estruturas Rítmicas* (RER), na qual a criança deve reproduzir a estrutura rítmica produzida pelo avaliador, sem acesso a informação visual e deve respeitar o número de batimentos e o tempo entre cada um, sendo a cotação, no máximo, 21 pontos e 3) *Compreensão do simbolismo de estruturas rítmicas e sua reprodução* (CERR), que consiste na compreensão e reprodução de representações gráficas de estruturas rítmicas (sequências de pontos) onde a pontuação máxima corresponde a 12 pontos.

Bateria psicomotora: Sentido cinestésico, Vitor da Fonseca (1975)

A bateria psicomotora, criada por Vítor da Fonseca em função de muitos anos de experiência clínica, é constituída por um conjunto de tarefas dinâmicas que estudam o perfil psicomotor de crianças entre os quatro e os 12 anos de idade, qualitativamente.

As tarefas incidem nos sete fatores psicomotores: Tonicidade, Equilibração, Lateralização, NC, Estruturação Espaciotemporal, Praxia Global e Praxia Fina. No nosso

estudo, para completar o estudo da NC, foi considerada a subtarefa de sentido cinestésico (BPSCN), integrada no âmbito da NC. Aqui, com olhos fechados e de pé, a criança deve nomear os vários pontos do corpo em que foi tocada (foi pedido à criança que tocasse no ponto tocado antes de o nomear, para garantir que a identificação cinestésica e a identificação estrutural eram avaliadas separadamente). Os 16 pontos táteis nomeados foram: testa, boca ou lábios, olho direito, orelha esquerda, nuca ou pescoço, ombro esquerdo, cotovelo direito, joelho esquerdo, pé direito, pé esquerdo, mão esquerda, polegar, indicador, médio, anelar e mindinho direito (foi atribuído um ponto por cada nomeação correta).

Avaliação da motricidade gnósico-práxica distal, Jean Bergès e Irène Lezine (1963)

Adaptada por Vaivre-Douret em 1997, esta prova pretende estudar o desenvolvimento do esquema corporal, conhecimento do corpo, orientação e eficiência postural e motora.

A criança deve imitar gestos, requisitando competências sensoriomotoras e de independência distal e digital. Neste estudo foi aplicada a imitação de gestos das mãos (EMGDM), constituída por 10 itens e dos dedos (EMGDD), constituída por 16 itens. A cotação é quantitativa e qualitativa, consoante o nível de organização práxica observada: se a imitação é imediata e íntegra, é cotada com 1 ponto, se por outro lado a criança reproduz o gesto por tentativas ou construindo-o sequência a sequência, com lentidão, é cotado como $\frac{1}{2}$ ponto. Quando o gesto não é reproduzido total ou parcialmente é considerado erro e cotado com 0 pontos.

Teste desenvolvimental de percepção visual (Developmental Test of Visual Perception - DVTP), Frostig (1966)

Dadas as limitações presentes na bateria de testes, este foi adaptado e foi criado o DVTP 2, constituído por 8 subtestes que avaliam competências de percepção visual e visuomotora e aplicável em crianças entre os quatro e 10 anos de idade.

- Subteste 1: Coordenação óculo-manual (184 pontos) – a criança deve desenhar uma linha entre duas linhas paralelas, progressivamente menos afastadas, constituídas por ângulos e curvas;
- Subteste 2: Posição no Espaço (25 pontos) – a criança tem de escolher, entre figuras semelhantes, a figura exactamente igual à mostrada inicialmente;
- Subteste 3: Cópia (40 pontos) – a criança deve desenhar uma figura igual à apresentada. As figuras apresentam uma complexidade crescente;
- Subteste 4: Figura-Fundo (18 pontos) – a criança deve descobrir todas as figuras sobrepostas perante num fundo complexo e confuso;

- Subteste 5: Relação Espaciais (43 pontos) – a criança deve unir os pontos, desenhando linhas de acordo com o modelo;
- Subteste 6: Percepção Partes/todo (20 pontos) – a criança deve selecionar uma figura exatamente igual à apresentada como modelo num conjunto de figuras desenhadas parcialmente, que deve completar mentalmente;
- Subteste 7: Velocidade Visuomotora (63 pontos) – a criança deve desenhar marcas específicas em figuras geométricas, de acordo com o modelo, durante 1 minuto;
- Subteste 8: Constância da Forma (20 pontos) perante uma forma geométrica apresentada, é solicitado que a criança a indique numa série de figuras com fundo distrator.

A cotação é atribuída de modo diferenciado em cada subteste, obtendo-se um resultado bruto através do somatório dos pontos atribuídos, que pode ser convertido em “idade equivalente”. Os resultados podem ser interpretados em função de competências generalizadas: percepção visual global (PVG) que consiste na soma de todos os subtestes (pontuação máxima: 425 pontos); percepção visual com execução motora reduzida (CVEMR) que corresponde ao somatório dos resultados dos subtestes 2, 4, 6 e 8 (pontuação máxima: 93 pontos); e a integração visuomotora (IVM) como somatório dos resultados dos subtestes 1, 3, 5 e 7 (pontuação máxima: 332 pontos).

Teste de competências matemáticas precoces (Test of Early Mathematics Abilities – TEMA), Ginsburg e Baroody (1983)

Criado em 1983 por Ginsburg e Baroody, objetiva a identificação de áreas fortes e fracas, ao mesmo tempo que propõe identificar dificuldades de aprendizagem na área da matemática. Assim, avalia a matemática formal (40 itens) e informal (32 itens) em crianças entre os 4 e os 8 anos de idade. A versão utilizada foi a 3ª que, comparativamente com as anteriores, apresenta mais itens, instruções de aplicação mais claras e uma segunda forma de aplicação, com a disponibilização de formulário A e B, para estudos com duas fases de avaliação.

Matemática informal (TEMAMI):

- Habilidades Numéricas (23 pontos) – Itens avaliam os conceitos essenciais para o desenvolvimento de habilidades e conceitos de contagem.
- Comparação Numérica (6 pontos) – Avalia a competência para comparar duas ou mais coleções e depende de habilidades numéricas.
- Habilidades de Cálculo (7 pontos) – Tarefas como adição mental e não-verbal e resolução de somas até 12 requerendo a contagem e o raciocínio.

- Compreensão de Conceitos (4 pontos) – Avalia o conhecimento da criança sobre conceitos fundamentais para a contagem: regras de cardinalidade, princípio da constância do número, relação entre as partes e o todo e divisão em partes iguais.

Matemática formal (TEMAMF):

- Literacia Numérica (8 pontos) – Testa competências de escrita e compreensão de números, reconhecimento de símbolos, regras de codificação de números multidígitos e planeamento motor para a escrita numérica.
- Factos Numéricos (9 pontos) – Avalia o domínio de combinações numéricas básicas que permitem cálculos rápidos, permitindo o direcionar de atenção para tarefas mais complexas.
- Habilidades de Cálculo (10 pontos) – Competências de cálculo académicas, como a utilização dos algoritmos de soma e subtração.
- Compreensão de Conceitos (5 pontos) – Avalia a comutatividade da adição, a utilização do sistema de base 10 e às regras inerentes a multidígitos.

A soma da pontuação obtida no TEMAMF e no TEMAMI também foi considerada (TEMARS), representando as CM.

Kaufman ABC II (KABC)

Desenvolvido no final dos anos 70 e início dos anos 80, o K-ABC foi publicado em 1983 e revisto em 2004. É um instrumento de avaliação cognitiva, empírico e de aplicação clínica, desenvolvido a partir do modelo de Luria. A sua segunda versão foca-se em construtos específicos, avaliando competências de aprendizagem e estratégias de resolução de problemas. Avalia crianças e adolescentes com idades compreendidas entre os 3 e os dezoito anos de idade, encontrando-se organizado em 3 níveis de organização (3 anos de idade, idades compreendidas entre os 4 e os 6 anos e idades compreendidas entre os 7 e os 18 anos de idade). Avalia o planeamento (constituído pelos testes *completar história* e *padrão lógico*), o PSE (*relembrar números e ordenação de palavras*), o PSI (*rover*, *triângulos* e *contagem de blocos*), competências de aprendizagem (*atlantis* e *rebus*) e conhecimento (*conhecimento verbal* e *adivinhas*). Neste estudo foram utilizados os testes avaliadores do planeamento, do PSE (constituído por tarefas nas quais a competência dominante é a memória de trabalho) e do PSI.

Apresentação e discussão de resultados

Foram avaliados 30 indivíduos, com uma idade compreendida entre os 7 anos e 2 meses e os 8 anos e 4 meses de idade ($7,657 \pm 0,332$). A tabela 2 traduz os valores mínimos e máximos de todas as competências avaliadas, assim como a respetiva média e desvio padrão. Dada a ausência de adaptação dos instrumentos para a população portuguesa, não são realizadas comparações com os valores padrão de referência dos instrumentos, servindo os resultados recolhidos apenas para comparação entre indivíduos avaliados e correlação entre competências.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas da amostra

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
IDADE	30	7,2	8,4	7,657	0,333
TEMARS (V ₁)	30	12	46	28,70	9,650
TEMAMF (V ₁)	30	5	30	17,97	7,029
TEMAMI (V ₁)	30	7	16	10,40	2,711
PVG (V ₃)	30	306	423	348,50	31,685
CVEMR (V ₃)	30	51	92	69,10	9,003
IVM (V ₃)	30	251	331	279,23	24,880
EMGDM (V ₂)	30	5,5	10,0	8,767	1,324
EMGDD (V ₂)	30	10,0	16,0	13,233	1,982
BPSCN (V ₂)	30	9	16	13,80	1,883
RER (V ₄)	30	11,0	20,0	16,550	2,591
CERR (V ₄)	30	5,0	12,0	10,667	2,014
KABCSE (V ₇)	30	13	33	22,80	6,127
KABCSI (V ₆)	30	33	80	58,20	13,616
KABCPLAN (V ₅)	30	21	72	50,97	15,357
FE (V ₅)	30	23,67	61,33	43,9889	10,682
Valid N (listwise)	30				

Na tabela 3, que representa as correlações entre as avaliações do TEMARS, correspondente à avaliação das CM e os fatores influentes, observa-se o r de correlação obtido através do IBM SPSS Statistics para cada correlação entre variável x e y.

Tabela 3 - Correlações entre as CM e fatores influentes

Variável x	Variável y	r (correlação)	p-value
IVM (V ₃)	TEMARS	0,688	1,814
PVG (V ₃)	TEMARS	0,758	1,422
CVEMR (V ₃)	TEMARS	0,755	1,447
EMGDM (V ₂)	TEMARS	0,522	1,993
EMGDD (V ₂)	TEMARS	0,637	1,927
BPSCN (V ₂)	TEMARS	0,490	1,997

RER (V_4)	TEMARS	0,447	1,999
CERR (V_4)	TEMARS	0,609	1,958
KABCSE (V_7)	TEMARS	0,576	1,978
KABCSI (V_6)	TEMARS	0,784	1,177
KABCPLAN (V_5)	TEMARS	0,743	1,538
FE (V_5)	TEMARS	0,800	1,000

O p-value, obtido através do r de correlação, foi comparado com o valor de α (0,05), correspondente para um nível de significância, que revela que os testes foram realizados para um nível de confiança correspondente a 95%. O p-value será sempre comparado com o valor de α . Quando $p > \alpha$, H_0 não é rejeitada, para um nível de significância de 5%.

Apresenta-se de seguida as hipóteses que relacionam as variáveis influentes com as CM:

H_0 : $\rho_{V_x, V_y} = 0,8$ vs H_1 : $\rho_{V_x, V_y} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y (sendo y o correspondente à avaliação das CM) não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y seja significativamente diferente de 0,8.

Assim, não se rejeita H_0 para um nível de significância de 5%, admitindo-se que a correlação não é significativamente diferente de 0,8. Isto quer dizer que existe uma correlação significativa forte entre todos os fatores influentes (variáveis x da tabela) e as CM.

Desta forma, considerando-se um intervalo de confiança de 95%, não se rejeitam as hipóteses de que, entre as CM e a NC, as CVE, a ET, as FE e o PSI e PSE, exista uma correlação forte. Assim considera-se que estas variáveis evoluam de forma semelhante, o que indica que crianças com NC, CVE, ET, FE PSI e PSE superiores, também demonstrem CM superiores e vice-versa.

Na tabela 4, que correlaciona o TEMAMF, correspondente à avaliação da matemática formal, com os fatores influentes, observamos também que o p-value é, em todas as correlações, superior a 0,05 ($p > \alpha$).

Tabela 4 - Correlações entre a MF e fatores influentes

Variável x	Variável y	r (correlação)	p-value
IVM (V_3)	TEMAMF	0,705	1,750
PVG (V_3)	TEMAMF	0,768	1,334
CVEMR (V_3)	TEMAMF	0,745	1,523
EMGDM (V_2)	TEMAMF	0,510	1,995

EMGDD (V ₂)	TEMAMF	0,637	1,927
BPSCN (V ₂)	TEMAMF	0,526	1,992
RER (V ₄)	TEMAMF	0,403	2,000
CERR (V ₄)	TEMAMF	0,602	1,963
KABCSE (V ₇)	TEMAMF	0,555	1,986
KABCSI (V ₆)	TEMAMF	0,781	1,208
KABCPLAN (V ₅)	TEMAMF	0,709	1,733
FE (V ₅)	TEMAMF	0,778	1,238

Para a hipótese que relaciona a MF com os fatores influentes, considerou-se:

$H_0: \rho_{V_x, V_y} = 0,8$ vs $H_1: \rho_{V_x, V_y} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y (sendo o y correspondente à avaliação da matemática formal) não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y seja significativamente diferente de 0,8.

Assim, não se rejeita H_0 para um nível de significância de 5%, admitindo-se que a correlação não é significativamente diferente de 0,8. Isto quer dizer que existe uma correlação significativa forte entre todos os fatores influentes (variáveis x da tabela) e a MF.

Mais uma vez, considerando-se um intervalo de confiança de 95%, não se rejeitam as hipóteses de que, entre as CM formais e a NC, as CVE, a ET, as FE e o PSI e PSE, exista uma correlação forte. Podemos então assumir que estas competências evoluem paralelamente e que as crianças que demonstrem NC, CVE, ET, FE PSI e PSE superiores, correspondam, igualmente, CM formais superiores.

Na tabela 5, que correlaciona o TEMAMI, correspondente à avaliação da matemática informal, com os fatores influentes, observamos mais uma vez que o p-value é, em todas as correlações, superior a 0,05 ($p > \alpha$).

Tabela 5 - Correlações entre a MI e fatores influentes

Variável x	Variável y	r (correlação)	p-value
IVM (V ₃)	TEMAMI	0,631	1,935
PVG (V ₃)	TEMAMI	0,692	1,800
CVEMR (V ₃)	TEMAMI	0,672	1,860
EMGDM (V ₂)	TEMAMI	0,512	1,994
EMGDD (V ₂)	TEMAMI	0,662	1,884
BPSCN (V ₂)	TEMAMI	0,503	1,995
RER (V ₄)	TEMAMI	0,498	1,996

CERR (V ₄)	TEMAMI	0,521	1,993
KABCSE (V ₇)	TEMAMI	0,794	1,068
KABCSI (V ₆)	TEMAMI	0,760	1,405
KABCPLAN (V ₅)	TEMAMI	0,674	1,855
FE (V ₅)	TEMAMI	0,797	1,034

Revendo a hipótese colocada:

$H_0: \rho_{V_x, V_y} = 0,8$ vs $H_1: \rho_{V_x, V_y} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y (sendo o Y o correspondente à avaliação da matemática informal) não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre V_x e V_y seja significativamente diferente de 0,8.

Assim, não se rejeita H_0 para um nível de significância de 5%, admitindo-se que a correlação não é significativamente diferente de 0,8. Isto quer dizer que existe uma correlação significativa forte entre todos os fatores influentes (variáveis x da tabela) e a matemática informal.

Por último e tendo em conta, mais uma vez, um intervalo de confiança de 95%, não se rejeitam as hipóteses de que, entre as CM informais e a NC, as CVE, a ET, as FE e o PSI e PSE, exista uma correlação forte. Mais uma vez, os resultados indicam que o desenvolvimento das competências psicomotoras/percetivas e cognitvas/de processamento avaliadas está associado com o desenvolvimento de CM informais.

Revendo o problema colocado na elaboração do estudo: *Existe correlação forte entre as CM e cada um dos fatores - NC, CVE, ET, FE, PSI e PSE?* Considera-se, tendo em conta os resultados obtidos, que existe uma correlação forte entre cada um dos fatores influentes e as CM, bem como entre cada um dos fatores influentes e a matemática formal e informal, individualmente.

Na preparação deste estudo planeou-se que, no caso de se rejeitar H_0 , seria realizado um segundo teste de hipóteses, em que $H_0: \rho_{V_x, V_y} \leq 0,8$ vs $H_1: \rho_{V_x, V_y} > 0,8$. Dado que H_0 não foi, em nenhuma das hipóteses, rejeitada, este teste não se verificou necessário.

Uma vez que não se rejeita a hipótese de que as CM se encontram correlacionadas com a NC, revemos o estudo de Fernandes, Dantas e Carvalhal (2014), que identificaram dificuldades na imitação de gestos em crianças, com DA em cálculo. Os mesmos autores consideraram que esta interligação depende de dificuldades na memória de trabalho. Assim, considerou-se pertinente testar também esta hipótese. Para representar a memória de trabalho utilizou-se a variável KABCSE, que resulta da avaliação de duas tarefas

diretamente dependentes da memória de trabalho. Para considerar a NC utilizaram-se os resultados da avaliação 1) da imitação de gestos dos dedos (EMGDD), 2) das mãos (EMGDM) e 3) da nomeação de partes do corpo (BPSCN).

As hipóteses colocadas são:

- 1) $H_0: \rho_{EMGDD, KABCSE} = 0,8$ vs $H_1: \rho_{EMGDD, KABCSE} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre EMGDD e KABCSE não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre EMGDD e KABCSE seja significativamente diferente de 0,8.
- 2) $H_0: \rho_{EMGDD, KABCSE} = 0,8$ vs $H_1: \rho_{EMGDD, KABCSE} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre EMGDD e KABCSE não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre EMGDD e KABCSE seja significativamente diferente de 0,8.
- 3) $H_0: \rho_{BPSCN, KABCSE} = 0,8$ vs $H_1: \rho_{BPSCN, KABCSE} \neq 0,8$, na qual H_0 corresponde à hipótese de que a correlação entre BPSCN e KABCSE não seja significativamente diferente de 0,8 (que corresponde a uma correlação forte) e H_1 à hipótese de que a correlação entre BPSCN e KABCSE seja significativamente diferente de 0,8.

Como podemos observar através da tabela 6, todas as variáveis que correspondem à avaliação da NC (EMGDM, EMGDD e BPSCN) apresentam um o p-value superior a 0,05 ($p > \alpha$), quando correlacionadas com a variável KABCSE.

Tabela 6 – Correlações entre memória de trabalho e variáveis de avaliação da NC

Variável x	Variável y	r (correlação)	p-value
KABCSE	EMGDM	0,506	1,995
KABCSE	EMGDD	0,525	1,993
KABCSE	BPSCN	0,505	1,995

Assim, não se rejeita H_0 para um nível de significância de 5%, admitindo-se que a correlação não é significativamente diferente de 0,8. Confirma-se que as competências de imitação de gestos das mãos, competências de imitação de gestos dos dedos e nomeação das partes do corpo estão correlacionadas com as CM. Considera-se a possibilidade de que esta correlação possa ser causada pela influência da memória de trabalho, dado que se verifica uma correlação forte entre a memória de trabalho e as CM (tabela 3) e entre a

memória de trabalho e competências da NC (tabela 6), o que significa que competências de imitação de gestos, memória de trabalho e CM evoluem análogamente.

Conclusão

As CM correlacionam-se com os requisitos que foram avaliados neste estudo (i.e. NC, CVE, ET, FE e PSE e PSI), confirmando-se que crianças com melhores avaliações a nível das competências psicomotoras e percetivas e/ou cognitivas e de processamento avaliadas, tendem a revelar competências matemáticas superiores.

Quando não se rejeita a hipótese de que variáveis complexas como as CM evoluem em conjunto com variáveis como a NC, as CVE ou a ET, surge a possibilidade de que as estruturas cognitivas e aprendizagem e as competências percetivas e psicomotoras se encontrem associadas. Se assim for, poder-se-à considerar a hipótese de que a promoção de competências mais complexas possa depender da mediatização do corpo e da motricidade (Fonseca, 2008) corroborando afirmações de autores, referidas na introdução. Este estudo também sugere que o desenvolvimento de competências cognitivas como as FE e o PSI e PSE esteja associado com o desenvolvimento de CM. Segundo Fonseca (2008) estas competências exercem e são alvo de uma influência bidirecional com a experiência e a ação e, consequentemente, com a aprendizagem, sendo estas que, posteriormente, permitem planear, regular e sustentar a motricidade. Os resultados possibilitam a consideração de que exista uma interação (uni ou bidirecional) entre ambas ou, em alternativa, que estas sejam influenciadas de forma semelhante por fatores em comum.

Os resultados parecem acordar com afirmações de que a linguagem conceptual ou quantitativa assente em processos cognitivos já existentes (Cruz, 2014), principalmente porque a amostra apresenta idades compreendidas entre os 7 e os 8 anos. Isto dado que, segundo Carey, Zaitchik e Bascandzhev (2015), esta idade corresponde a um período em que a linguagem conceptual e qualitativa é alvo de grande desenvolvimento, ao mesmo tempo que são os processos cognitivos presentes que suportam novas aquisições. Uma vez que ambas as competências se encontram correlacionadas e evoluem simultaneamente, coloca-se a possibilidade de que melhores competências cognitivas e de processamento (i.e. FE, PSI e PSE) signifiquem competências de linguagem conceptual/quantitativa superiores (apesar de não estar implícito ou assegurado que esta seja uma relação uni ou bidirecional).

Conclui-se, afirmando-se que competências psicomotoras (NC, CVE, NC) mal consolidadas ou inconsistentes e dificuldades no planeamento, memória de trabalho e

processamento de informação significam maior probabilidade de ocorrência de dificuldades nas competências matemáticas, tal como afirmado por Fonseca e Oliveira (2009) e Fernandes, Dantas e Carvalho (2014). É de considerar um re-equacionar da intervenção e aprendizagens precoces, de modo a permitir uma promoção dos fatores avaliados, associados ao desenvolvimento de competências académicas complexas, como a matemática.

Limitações do estudo

Como limitações do estudo, destaca-se a amostra reduzida ($n=30$) e a baixa variabilidade entre indivíduos, que apresentam condições socioeconómicas (classe média e média alta) e demográficas muito semelhantes. Apesar da vantagem inerente à avaliação em crianças sem dificuldades socioeconómicas (dada a menor probabilidade de interferência de elementos de desvantagem com os resultados) considera-se que amostra é pouco representativa do contexto real da população nesta idade, nas escolas portuguesas.

Recomendações

Tendo em conta as limitações do estudo e a baixa representatividade da amostra analisada, considera-se importante uma exploração mais aprofundada da questão. Com o contributo de outras investigações será possível compreender, extensivamente, a relação entre competências psicomotoras e o desenvolvimento de competências académicas. Adicionalmente, também se poderá concluir acerca da relação entre competências cognitivas, como o caso da MT, e o desenvolvimento de competências psicomotoras, como a NC.

Considerando os resultados e conclusões do estudo, os autores recomendam a promoção de competências psicomotoras de forma precoce. É indispensável a inclusão da psicomotricidade no currículo educativo, no sentido de aumentar a probabilidade de ocorrência de experiências com significado e exploração motora.

Referências Bibliográficas

- Bamberger, J., Disessa, A. (2013). Music as embodied mathematics: a study of a mutually informing affinity. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 8, 123-160. doi: 10.1023/B:IJCO.0000003872.84260.96
- Barahona, J., Giménez, S., Garcia, M., Micó, M., Torres, J., Serrano, C., Martin, A. (2009). El desarrollo de la competencia matemática a través de la Educación Física: del curriculum al aula. *Efdeportes*, 13(129).
- Barnes, M. A., Raghubar, K. P. (2014). Mathematics development and difficulties: The role of visual-spatial perception and other cognitive skills. *Pediatric Blood Cancer*, 61, 1729-1733. doi: 10.1002/pbc.24909
- Bull, R; Davidson, W; Nordmann, E. (2010). Prenatal testosterone, visual-spatial memory and numerical skills in young children. *Learning and Individual Differences*. Vol 20. pp. 246-250. doi: 10.1016/j.lindif.2009.12.002
- Bull, R., Espy K., Wiebe, S. (2013). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228. doi: 10.1080/87565640801982312
- Bull, R., e Lee, K. (2014). Executive functioning and mathematics achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36–41. doi:10.1111/cdep.12059
- Buzsáki, G. (2006). Rhythms of the brain. *Oxford: Oxford University Press, Inc.*
- Cardinali, L., Brozzoli, C., Farnè, A. (2009). Peropersonal Space and body schema: Two labels for the same concept? *Brain Topogr*, 21, 252-260. doi: 10.1007/s10548-009-0092-7
- Carey, S., Zaitchik, D., Bascandzhev, I. (2015). Theories of development: In dialog with Jean Piaget. *Developmental review*. doi: 10.1016/j.dr.2015.07.003.
- Cragg, L., e Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63–68. doi:10.1016/j.tine.2013.12.001
- Cragg, L., Keeble, S., Richardson, S., Roome, H., Gilmore, C. (2017). Direct and indirect influences of executive functions on mathematics achievement. *Cognition*, 162, 12-26. doi: 10.1016/j.cognition.2017.01.014

- Crocker, N., Riley, E., Mattson, S.N. (2015). Visual-spatial abilities relate to mathematics achievement in children with heavy prenatal alcohol exposure. *Neuropsychology*, 29(1), 108-116. doi: 10.1037/neu0000094
- Cruz, V., Caldeira, V. (2010). Reeducação cognitiva em crianças com insucesso escolar: efeitos do pass reading enhancement program. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 2(1), 169-177.
- Cruz, V. (2014). Desenvolvimento cognitivo na aprendizagem da matemática. *Análise psicológica*, 32(1). doi: 10.14417/ap.839
- Cruz, V. (2009) *Dificuldades de aprendizagem específicas*. Lisboa: Lidel.
- Fauvel J., Flood R., Wilson R. (2006). Music and mathematics: from pythagoras to fractals. Oxford: Oxford University Press.
- Fernandes, C., Dantas, P., Carvalhal, M. (2014). Desempenho psicomotor em escolares com dificuldades de aprendizagem em cálculos. *Revista brasileira de estudos pedagógicos*, 95(239). doi: 10.1590/S2176-66812014000100007
- Fiel, E., Guerrero, E., Blanco, L. (2016). Desempenho académico, competências transversais e fatores pessoais. *Atas do II congresso internacional envolvimento dos alunos na escola: perspectivas da psicologia e educação motivação para o desempenho académico*. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. ISBN: 978-989-8753-35-9.
- Fonseca, V. (1982). *Introdução ao estudo do teste de desenvolvimento da percepção visual*, Coleção pesquisas n.º 3, Lisboa, C.I.E.E. I. A.A.C.F.
- Fonseca, V. (2005). *Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem*. Lisboa. Âncora Editora.
- Fonseca, V. (2007). *Manual de observação psicomotora: significação psiconeurológica dos fatores psicomotores*. 3ª Edição. Lisboa. Âncora Editora.
- Fonseca, V. (2008, Novembro). Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem. *Congresso internacional “educación infantil y desarrollo de competencias”*, evento organizado pela Associação Mundial de Educadores Infantis, Madrid.
- Fonseca, V., Oliveira, J. (2009). *Aptidões psicomotoras de aprendizagem: estudo comparativo e correlativo com base na Escala de McCarthy*. Lisboa: Âncora.
- Fonseca, V. (2010). Psicomotricidade: uma visão pessoal. *Construção psicopedagógica*, 18(17), 1415-6954.

- Geary, D. (2013). Early foundations of mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22, 23–27. doi: 10.1177/0963721412469398
- Gilligan, K., Flouri, E., Farran, E. (2017). The contribution of spatial ability to mathematics achievement in middle childhood. *Journal of experimental child psychology*, 163, 107-125. doi: 10.1016/j.jecp.2017.04.016
- González, M. (2011). Psicomotricidad: Etapas en la elaboración del NC en educación infantil. *Pedagogia Magna*, 11, 360-365.
- Harris, B., Petersen, D. (2017). Developing math Skills in early childhood. *Mathematica policy research*. Retirado em Dezembro de 2017 de <http://www.reachoutandreadwa.org/wp-content/uploads/2017/09/Developing-Math-Skills-Early-Childhood.pdf>
- Kang, M.S., Hong, S., Blake, R., Woodman, G. (2012). Visual working memory contaminates perception. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18(5), 860-869. doi: 10.3758/s13423-011-0126-5
- Kim, H., Cameron, C. (2016). Implications of visuospatial skills and executive functions for learning mathematics: evidence from Children with autismo and williams syndrome. *AERA open*, 2(4), 1-16. doi: 10.1177/2332858416675124.
- Klein, P.; Adi-Japha, E. (2010). Mathematical thinking of kindergarten boys and girls: similar achievement, different contributing processes. *Educational Studies in Mathematics*. Vol 73. pp. 233-246. doi: 10.1007/s10649-009-9216-y
- Kyttala, M., Lehto, J. (2008). Some factos underlying mathematical performance: The role of visuospatial working memory and non-verbal intelligence. *European jornal of psychology of Education*, 23(1), 77-94. doi: 10.1007/BF03173141
- Libertus, M. E., Feigenson, L., Halberda, J. (2013). Numerical approximation abilities correlate with and predict informal but not formal mathematics abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116, 829-838. doi: 10.1016/j.jecp.2013.08.003
- Luca, D., Pesenti, M. (2010). Absence of low-level visual difference between canonical and noncanonical finger-numeral configurations. *Experimental Psychology*, 57(3), 202-7. doi: 10.1027/1618-3169/a000025

- Luiz, S. C. (2008). The learning of music as a means to improve mathematical skills. In Proceedings of the International Symposium on Performance Science 2007, *European Association of Conservatoires (AEC)*, Utrecht, The Netherlands. ISBN 9789090224848.
- Mertoglu, E. (2010). A study on the relationship between the rhythm and mathematics Skills of 5-6 year old Children. *Gifted Education International*, 26(1), 26-34. doi: 10.1177/026142941002600105
- Meyer, M., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory componentes to mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning Individual Differences*, 20(2), 101-109. doi: 10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Miendlarzewska, E., Trost, W. (2014). How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in neuroscience*, 7(279), 1-18. doi: 10.3389/fnins.2013.00279
- Menon, V. (2010). Developmental cognitive neuroscience of arithmetic: Implications for learning and education. *ZDM*, 42(6), 515–525. doi:10.1007/s11858-010-0242-0.
- Moeller, K., Fischer, U., Link, T., Wasner, M., Huber, S., Cress, U., Nuerk, H. (2012). Learning and development of embodied numerosity. *Cognitive Processing*, 13(1), 271-274. doi: 10.1007/s10339-012-0457-9
- Moeller, K., Martignon, L., Wessolowski, S., Engel, J., Nuerk, H. (2011). Effects of finger counting on numerical development – the opposing views of neurocognition and mathematics education. *Frontiers in Psychology*, 2(1), 328. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00328
- Nes, F., Lange, J. (2007). Mathematics Education and Neurosciences: Relating spacial structures to the development of spatial sense and number sense. *The mathematics enthusiast*, 4(2), 210-229.
- Neto, F., Amaro, K., Prestes, D., Arab, C. (2011). O esquema corporal de crianças com dificuldade de aprendizagem. *Psicologia Escolar e Educacional*, 15(1), 15-22.
- Pan, Y., Cheng, Q., Luo, Q. (2012). Working memory can enhance unconcious visual perception. *Psychonomic Bulletin and review*, 19(3), 477-482. doi: 10.3758/s13423-012-0219-9
- Papst, J., Marques, I. (2010). Avaliação do desenvolvimento motor de crianças com dificuldades de aprendizagem. *Revista Bras Cineantropom Desempenho Hum*, 12(1), 36-42. ISSN 1980-0037

- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. C. Altoe, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229-250. doi: 10.1080/87565640801982320
- Peng, P., Namkung, J., Fuchs, D., Fuchs, L., Patton, S., Yen, L., Compton, D., Zhang, W., Miller, A., Hamlett, C. (2016). A longitudinal study on predictors of early calculation development among children at risk for learning difficulties. *Journal of experimental child psychology*, 152, 221-241. doi: 10.1016/j.jecp.2016.07.017
- Perancho, S. (2014). Influencia de la motricidade en la competencia matemática básica en niños de 3 y 4 años. *Educación Matemática en la Infancia*, 3(1), 49-73. ISSN: 2254-8351
- Pisella, L. (2017). Visual perception is dependente on visuospatial working memory and thus on the posterior parietal cortex. *Annals of Physical and Rehabilitation medicine*, 60(3), 141-147. doi: 10.1016/j.rehab.2016.01.002
- Raghubar, K., Barnes, M., Hecht, S. (2010). Working memory and mathematics: a review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and individual differences*, 20(2), 110-122. doi: 10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Ritchie, S., Bates, T. (2017). Enduring links from childhood mathematics and Reading adchievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science*, 24(7), 1301-1308. doi: 10.1177/0956797612466268
- Sanders, E. (2012). Investigating the relationship between musical training and mathematical thinking in children. *Procedia – Social and behavioral Sciences*, 55, 1134-1143. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.09.607
- Schwenk, C., Sasanguie, D., Kuhn, J., Kempe, S., Doeblner, P., Holling, H. (2017). (Non-) symbolic magnitude processing in children with mathematical difficulties: a meta-analysis. *Research in developmental disabilities*, 64(2017), 152-167. doi: 10.1016/j.ridd.2017.03.003
- Spelke, E.S. (2008). Effects of music instruction on developing cognitive systems at the foundations of mathematics and science. *Learning Arts and the Brain: The Dana Consortium Reports on Arts and Cognition*, 17-49.
- Tamè, L., Dransfield, E., Quettier, T., Longo, M. (2017). Finger posture modulates structural body representations. *Scientific Reports*, 7:43019. doi: 10.1038/srep43019

- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., e Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402. doi:10.1037/a0028446
- Van der Ven, S., Van der Maas, H., Straatemeier, M., Jansen, B. (2013). Visuospatial working memory and mathematical ability at different ages throughout primary school. *Learning and individual differences*, 27, 182-192. doi: 10.1016/j.lindif.2013.09.003
- Verdine, B., Irwin, C., Golinkoff, R., Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial Skills to preschool mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 126, 37-51. doi:10.1016/j.jecp.2014.02.012
- Welsh, J., Nix, R., Blair, C., Bierman, K., e Nelson, K. (2010). The development of cognitive skills and gains in academic school readiness for children from low-income families. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 43–53. doi:10.1037/ a0016738
- Xisto, P., Benetti, L. (2012). A psicomotricidade: uma ferramenta de ajuda aos professores na aprendizagem escolar. *Educação, interdisciplinaridade e transversalidade*, 8(8), 1824-1836. doi: 10.5902/223613086190
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Zheng, X., Swanson, H. L., Marcoulides, G. A. (2011), Working memory componentes as predictors of children's mathematical word problema solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(4), 481-498. doi: 10.1016/j.jecp.2011.06.001